



Cheila Cristina Naves Barbiero **Efeito das mudanças climáticas sobre o zoneamento agroclimático da *hevea brasiliensis* no estado do Tocantins**

Effect of climate change on the agroclimatic zoning of *hevea brasiliensis* in Tocantins state



**Cheila Cristina Naves
Barbiero**

**Efeito das mudanças climáticas sobre o
zoneamento agroclimático da *hevea brasiliensis* no
estado do Tocantins**

**Effect of climate change on the agroclimatic zoning
of *hevea brasiliensis* in Tocantins state**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Biologia e Ecologia das alterações globais, realizada sob a orientação científica do Doutor Paulo Silveira, Professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro e sob a coorientação científica do Doutor Erich Collichio, Professor Adjunto do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins.

Citações e Referências bibliográficas realizadas conforme normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 10520 – Informação e Documentação – Citações (2002); NBR 6023 – Informação e Documentação – Referências (2002). Esta tese foi escrita de acordo com normas brasileiras da língua portuguesa.

Apoio financeiro do Instituto Ecológica,
projeto ECOTROPICAL

Apoio financeiro da Fundação
de Amparo a Pesquisa do
Tocantins, FAPT, Tocantins,
Brasil.

Dedico as minhas três filhas: CAROLINA VITÓRIA, BEATRIZ E BÁRBARA,
minhas fontes de inspiração e motivação, sem as quais a vida não faria
sentido.

O júri

presidente

Prof. Doutor António Carlos Mendes de Sousa

professor catedrático do Departamento de Eng^a Mecânica da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Maria da Luz da Costa Pereira Mathias

professora catedrática do Departamento de Biologia Animal da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Prof. Doutor Eduardo Mendes da Silva

professor associado IV do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia

Prof. Doutor António Xavier de Barros e Cunha Pereira Coutinho

Professor auxiliar do Departamento de Ciências de Vida da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Prof. Doutor Paulo Cardoso da Silveira

Professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.
(orientador)

Prof. Doutor Erich Collicchio,

professor adjunto da Universidade Federal de Tocantins
(coorientador)

Agradecimentos

Agradeço a DEUS, antes de tudo.

Aos meus pais João e Eliza, pela torcida e pelo amor durante toda minha vida.

Ao meu companheiro Alan Barbiero, pelo apoio e incentivo durante a minha vida acadêmica.

Ao orientador professor Dr. Paulo Silveira, pela orientação e paciência durante esses anos do doutorado.

Ao meu coorientador professor Dr. Erich Collicchio, pela orientação, ajuda e encorajamento desde o início da minha caminhada acadêmica.

Ao professor M.Sc. Eduardo Quirino, pela paciência e disposição sempre quando foi solicitado.

A Olíria Menezes, pela assistência na confecção de todos os mapas da tese.

Ao Leandro Maheir, pelo auxílio na parte de campo do trabalho.

Muito obrigada ao professor Amadeu, diretor do departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, por tudo.

Palavras-chave

Heveicultura, Tocantins, Edafoclimático, Mudanças Climáticas.

Resumo

Apesar do crescimento na produção mundial de látex, há um déficit de produção de 60 milhões de toneladas, situação que deve manter-se nos próximos anos. Isso mostra a importância da expansão da heveicultura, que parece ser um promissor negócio no âmbito da agricultura brasileira. Para definição de áreas aptas à cultura, elaborou-se um zoneamento edafoclimático e ambiental e comparou-se com as áreas implantadas ou em processo de implantação da cultura no estado do Tocantins. Analisou-se, também, o impacto que as mudanças climáticas vão causar no zoneamento dessa cultura para o fim do século.

Keywords

Heveiculture, Tocantins, Edaphoclimatic, Climate change.

Abstract

Despite the growth in the world production of latex, there is a production deficit of 60 million tons, a situation that might be maintained over the coming years. This highlights the importance of the expansion of heveiculture, as a promising business within the Brazilian agriculture. For the definition of suitable areas for this culture in Tocantins, an edaphoclimatic and environmental zoning was elaborated and compared with the cultivation areas already established or under establishment in the state of Tocantins. The impact that climate changes will cause in the zoning of this culture towards the end of the century was also analysed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo	36
Figura 2 - Distribuição das estações meteorológicas e pluviométricas no estado do Tocantins e seu entorno	38
Figura 3 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do zoneamento agroclimático para a cultura da seringueira no Tocantins	40
Figura 4 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do mapa de aptidão edáfica natural do Tocantins.....	41
Figura 5 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do zoneamento edafoclimático da seringueira para o Tocantins.....	43
Figura 6 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do mapa das áreas sem restrição para o uso no Tocantins.....	45
Figura 7 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura da seringueira no Tocantins.....	46
Figura 8 - (a) Temperatura do ar média anual ($^{\circ}\text{C}$), (b) Relevo (c) Déficit hídrico e (d) Precipitação média anual (mm) no estado do Tocantins	47
Figura 9 - Médias mensais de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação (mm) de três regiões do Tocantins.....	48
Figura 10 - Zoneamento agroclimático para a seringueira no estado do Tocantins	49
Figura 11 - Classificação dos solos do Tocantins	53
Figura 12 - Condições naturais do Tocantins: a) Fertilidade; b) Pedregosidade; c) Profundidade; d) Drenagem; e) Declividade	61
Figura 13 - Zoneamento edáfico do estado do Tocantins.....	62
Figura 14 - Zoneamento edafoclimático da seringueira no estado do Tocantins....	64
Figura 15 - (a) Áreas de uso legal e potencial para a conservação ambiental e (b) Áreas disponíveis sem restrições legais ou naturais para possível produção da seringueira no estado do Tocantins.....	67
Figura 16 - Zoneamento edafoclimático e ambiental da seringueira no estado do Tocantins	69
Figura 17 - Municípios visitados com plantios de seringueira no Tocantins.....	80
Figura 18 - Distribuição da seringueira por município no estado do Tocantins	83

Figura 19 - Linhas de financiamento utilizadas para implantação da seringueira no Estado	84
Figura 20 – Principais problemas enfrentados pelos produtores de seringueira no Estado	86
Figura 21 - Localização dos polos produtivos de seringueira no Estado do Tocantins em relação ao zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura ..	88
Figura 22 - Infraestrutura de transporte rodoviário e ferroviário (atual e projetado) e polos produtivos da cultura da seringueira	91
Figura 23 - Fluxograma da metodologia utilizada na realização do zoneamento agroclimático para a seringueira, considerando os cenários futuros de emissões..	99
Figura 24 – Deficiência hídrica anual (mm) e Temperatura do ar média anual (°C) no estado do Tocantins considerando as projeções futuras para os cenários RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5, para o período de 2081 – 2100	101
Figura 25 - Zoneamento agroclimático para a seringueira no estado do Tocantins, para as condições do clima atual	102
Figura 26 - Zoneamentos agroclimáticos para a seringueira no estado do Tocantins, considerando as projeções futuras para os cenários RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5 (2081 – 2100)	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valoração das unidades de solos no estado do Tocantins por meio da distribuição de pesos a cada classe e parâmetro	42
Quadro 2 - Classes e subclasses dos solos e a localização no estado do Tocantins	59
Quadro 3 - Localização e áreas dos plantios de seringueira no Tocantins em 2014	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Alteração média da temperatura global da superfície ($^{\circ}\text{C}$) para cada cenário de emissões e períodos.....	26
Tabela 2 - Classes de aptidão climática adotadas para a cultura da seringueira	39
Tabela 3 - Reclassificação da declividade visando à mecanização agrícola	43
Tabela 4 - Áreas de aptidão climática para a implantação da seringueira no estado do Tocantins.....	50
Tabela 5 - Áreas de aptidão edáfica natural para a implantação da seringueira no estado do Tocantins.....	63
Tabela 6 - Áreas de aptidão edafoclimática para a implantação da seringueira no estado do Tocantins.....	65
Tabela 7 - Áreas disponíveis e indisponíveis, quanto aos aspectos legais e/ou naturais para possível produção agrícola no estado do Tocantins	67
Tabela 8 - Condições de aptidão edofoclimática e restrições legais e/ou naturais para implantação da seringueira no estado do Tocantins	70
Tabela 9 - Cenários futuros para o período de 2081 a 2100 e seus valores de temperatura incrementados para cada cenário, baseado na base de dados do modelo (1986 – 2005)	98
Tabela 10 - Valores para a Temperatura anual (T_a) e Deficiência hídrica anual (D_a), mínima, máxima e média, considerando os cenários de mudanças climáticas apresentados pelo IPCC, para o período de 2081-2100, em relação ao clima na condição atual	101
Tabela 11 – Porcentagem da área do estado do Tocantins ocupada por cada classe de aptidão climática na situação de clima atual e nos cenários de projeções futuras	104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 Aspectos da biologia e da cultura da seringueira.....	16
2.1 A seringueira e seu cultivo	16
2.1.1 Exigências edafoclimáticas para desenvolvimento da cultura da seringueira ..	18
2.1.2 Condições climáticas para esporulação do fungo <i>Microcyclus Ulei</i>	19
2.1.3 Exigências edáficas para desenvolvimento da cultura da seringueira	20
2.2 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	20
REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 1.....	33
RESUMO	33
ABSTRACT	33
1.1 INTRODUÇÃO	34
1.2 METODOLOGIA.....	35
1.2.1 Área de estudo	35
1.2.2 Caracterização física do Estado	36
1.2.3 Caracterização geral do clima do Tocantins.....	37
1.2.4 Zoneamento agroclimático para a cultura da seringueira	37
1.2.5 Zoneamento edafoclimático da seringueira para o estado do Tocantins	41
Latossolos Vermelhos.....	42
1.2.6 Zoneamento edafoclimático e ambiental e identificação de regiões potenciais para o cultivo da seringueira	44
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
1.3.1 Zoneamento agroclimático da seringueira	46
1.3.2 Ocorrência de classes de solos no Tocantins	52
1.3.3 Zoneamento edáfico do Tocantins	60
1.3.4 Zoneamento edafoclimático da seringueira para o Tocantins	63
1.3.5 Identificação de áreas sem restrições legais ou naturais para o cultivo.....	66
1.3.6 Zoneamento edafoclimático e ambiental para o cultivo da seringueira no estado do Tocantins	68
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	71
CAPÍTULO 2	76

RESUMO	76
ABSTRACT	76
2.1 INTRODUÇÃO	76
2.2 METODOLOGIA	79
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
2.3.1 Levantamento da cultura nos polos produtivos do Estado já implantados ou em fase de implantação	81
2.3.2 Regiões potenciais para produção da seringueira segundo o zoneamento edafoclimático e ambiental da cultura	86
2.3.3 Produção e comercialização do látex no Tocantins	89
2.3.4 Caracterização e análise do sistema logístico de transporte em relação às regiões potenciais à produção de seringueira	90
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	93
CAPÍTULO 3	96
RESUMO	96
ABSTRACT	96
3.1 INTRODUÇÃO.....	97
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	98
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
REFERÊNCIAS	105
CONCLUSÃO GERAL.....	107
ANEXO	108

1 INTRODUÇÃO GERAL

A ocorrência natural da seringueira (*Hevea brasiliensis* (willd. ex. A. Juss) Mull. Arg.) se dá na região Amazônica, entre as latitudes de 3°N e 15°S. Todavia seu cultivo comercial estende-se desde a latitude 22°N, na Ásia, até 25°S, no Brasil. Isso evidencia grande capacidade de adaptação a diversas condições climáticas (CAMARGO, 1976; PILAU *et al.*, 2007). O mais importante uso comercial da seringueira é a produção de borracha natural, que é, hoje, uma *commodity* mundialmente valorizada devido a sua múltipla utilidade na indústria (hospitalar/farmacêutico, brinquedos, calçados, construção civil, maquinário agrícola e industrial e autopeças) (PEREIRA *et al.*, 2000; COELHO JUNIOR *et al.*, 2009).

A demanda mundial da borracha natural é alta e crescente, sendo a China o maior consumidor. Tailândia, Malásia e Indonésia respondem por mais de 80% da produção mundial de borracha, e são os maiores exportadores (GAMEIRO; SARETTA, 2000). Estima-se que, nos primeiros anos desse milênio, a demanda mundial da borracha será bem maior do que a oferta, tornando-se crítica no ano 2020, o que retrata a importância econômica da cultura (MACEDO *et al.*, 2002). A demanda por borracha natural no Brasil é cada vez mais elevada, havendo praticamente quintuplicado no período de 1976 a 2006 (SOARES *et al.*, 2008; COELHO JUNIOR *et al.*, 2009). Todavia a produção nacional é baixa, contribuindo apenas com 1% do total mundial, o que torna o País importador dessa matéria prima (PILAU *et al.*, 2007). Com base nesses dados, percebe-se que as perspectivas para o mercado da borracha no Brasil são as melhores possíveis.

Para suprir a demanda futura de borracha natural, tem-se como principal fator impeditivo a limitação da expansão dos plantios de seringueira nos principais países produtores e exportadores da borracha. Por outro lado, o Brasil é o país com maior potencial para expansão da heveicultura, e consequente oferta de borracha natural, por possuir área disponível e apta para o cultivo da seringueira, sem a necessidade de novos desmatamentos.

A produção de borracha natural em 2010 atendeu a 30% da demanda nacional. Segundo as projeções para 2013, conforme dados do IBGE/Sidra, o Brasil produziria 274,1 mil toneladas de borracha provenientes de 135,8 mil hectares cultivados, correspondendo a cerca de 40 % de toda a borracha que o Brasil consome. Nesse cenário, os cinco principais estados produtores, que respondem por 92% de toda a produção do País, são: São Paulo (149.778 t), Bahia (48.663 t), Mato Grosso (26.069 t), Minas Gerais

(16.927 t) e Espírito Santo (10.250 t). Os demais onze estados produziram juntos 22,4 mil toneladas de borracha cultivada, equivalente a 8% da produção total.

A participação da região Norte, em relação ao volume produzido no País de borracha proveniente do cultivo, representa apenas 2% do total (5,1 mil toneladas). O Pará (2.334 t) e o Tocantins (2.300 t) foram os maiores produtores, seguidos do estado do Acre (794 t), correspondendo a 14% da produção da região Norte e a 0,29% da produção nacional.

Além da crescente demanda, o preço pago ao produtor pelo quilo de látex coagulado tem sido outro atrativo, isso porque em houve um aumento do preço de R\$ 1,98 para R\$ 2,64, para os anos de 2008 e 2013, respectivamente (G1, 2013).

Segundo Carmo *et al.* (2009), existiram iniciativas para expandir os cultivos de seringueira no Brasil e alcançar a autossuficiência em borracha natural.

A expansão das áreas de cultivo, que vem ocorrendo nos últimos anos no país, especialmente nas áreas sob condições de cerrado, tornando-se um crescente e promissor negócio à agricultura brasileira (ABRAF, 2013).

No entanto a heveicultura é uma atividade altamente dependente das condições climáticas, que tanto beneficia ou limita o desenvolvimento e a produção da planta, quanto favorece ou inibe a ocorrência de surto do mal-das-folhas. Este último, por sua vez, constitui-se em um sério obstáculo à implantação de culturas comerciais em zonas tropicais-equatoriais brasileiras (LIEBEREI, 2007).

A seringueira se desenvolve melhor e produz mais látex quando a temperatura média anual é igual ou maior do que 20°C. Em temperaturas inferiores, as atividades metabólicas são afetadas, resultando em baixo crescimento e produtividade (GASPAROTTO, 1988). Rodrigo (2007) verificou que os folíolos da seringueira têm seu crescimento paralisado quando expostos a temperaturas inferiores a 16°C.

A elaboração de estudos de zoneamento de aptidão climática de culturas consiste em importante ferramenta para o desenvolvimento sustentável da produção vegetal, pois serve de base para a proposta de práticas de manejo agrossilvicultural mais adequadas, para a prevenção e o controle das doenças em plantas, ou para a potencialização da produção agrossilvicultural, servindo de base para a elaboração de políticas públicas para o setor agrícola. Os mais relevantes estudos brasileiros com respeito ao zoneamento agroclimático da seringueira, com vistas à delimitação de áreas de escape contra a incidência de *Microcyclus ulei* foram apresentados por Camargo (1976), Ortolani (1985), Almeida *et al.* (1987), Camargo *et al.* (2003), Cecílio *et al.* (2006) e Pilau *et al.* (2007).

No estado do Tocantins, não existe zoneamento agroclimático para a cultura da seringueira. No entanto a implantação da cultura no Estado cresceu muito nos últimos três anos, com um aumento em 65% de área plantada, saindo de 1.840,00 ha em 2011/2012 para 3.050 ha de área plantada em 2012/2013. E existe uma expectativa de aumentar 123% a área plantada nos próximos dois anos, passando para 6.825,00 ha de área plantada em 2014/2015, segundo levantamento realizado pela Secretaria Estadual de Agricultura do Tocantins (SEAGRO, 2012).

A principal motivação para a realização desse estudo deve-se ao fato da cultura da seringueira estar em franca expansão no Estado, mas praticamente não existirem pesquisas consistentes para dar suporte a esse crescimento. Para que a renovação dos seringais antigos existentes no Estado e o incremento de novos sejam feitos com sucesso, deverão ser feitas pesquisas em consonância com estudos de aptidão edafoclimática, como os zoneamentos que definem áreas aptas à implantação da cultura, para assim proporcionar maior segurança quanto à viabilidade de seu cultivo, e tornar o Estado um importante produtor no cenário nacional. Isso porque a seringueira é uma cultura de extrema importância para o desenvolvimento do País, sendo utilizada na confecção de vários produtos, além de que projeções indicam que o consumo crescerá mais do que a produção.

Esta tese foi dividida da seguinte forma: a) Introdução geral sobre o assunto; b) Revisão de literatura sobre a cultura da seringueira e os respectivos assuntos abordados nos capítulos deste trabalho; c) Apresentação de três capítulos, assim divididos: Capítulo 1 - apresenta o Zoneamento Edafoclimático e Ambiental para a cultura da seringueira no estado do Tocantins; Capítulo 2 - Identificação das áreas potenciais e comparação com os cultivos existentes no Estado, e Capítulo 3 - Efeito das mudanças climáticas sobre o zoneamento agroclimático da seringueira no estado do Tocantins e d) Conclusões finais do trabalho.

2 ASPECTOS DA BIOLOGIA E DA CULTURA DA SERINGUEIRA

2.1 A SERINGUEIRA E SEU CULTIVO

A seringueira é classificada botanicamente na divisão das *Angiospermae*, classe *dicotyledoneae*, família *Euphorbiaceae* e gênero *Hevea* (ITIS, 2010), tendo ocorrência natural na região Amazônica.

Segundo Pires (1973), o gênero *Hevea* é formado por onze espécies, entre essas apenas *H. brasiliensis*, *H. benthamiana* e *H. pauciflora* vêm sendo utilizadas em programas de melhoramento para fins de produção (GONÇALVES *et al.*, 1983). Destas, a *Hevea brasiliensis* se destaca por ser a mais explorada comercialmente e responsável por cerca de 99% de toda a borracha natural produzida no mundo (GOLDTHORP; TAN, 1996).

A participação da borracha natural no mercado de borracha subiu de 30% nos anos 80 para os atuais 40%. No Brasil, entre 1992 e 2002, foram importados 1,2 milhões de toneladas de borracha natural, e a produção interna foi de 693,5 mil toneladas. Isso significa que o Brasil gastou naquela década mais de US\$ 1 bilhão com a importação de borracha natural.

Já em 2006, foram gastos US\$ 385 milhões, o que indica um aumento na produção interna, enquanto que, em 2007, o valor das importações voltou a subir, chegando a US\$ 489 milhões em novembro. Em 2002, o consumo foi de 250 mil toneladas, e a produção interna, 95 mil toneladas; em 2004, o consumo foi de 287 mil toneladas e há uma previsão de que em 2010 o consumo atinja 500 mil toneladas. Se não houver um aumento no número de novos seringais plantados no Brasil, essa dependência de importação pode se tornar mais crítica e maior, pois 72% da borracha consumida no mundo é destinada à produção de pneus. Atualmente, 90% da produção mundial de borracha encontram-se nos países do Sudeste Asiático. O Brasil é hoje o 9º produtor mundial de borracha natural, atrás de Tailândia, Indonésia, Malásia, Índia, China e Vietnã (RIPPEL; BRAGANÇA, 2009).

No Brasil, a exploração tradicional da heveicultura estende-se pela Amazônia, Mato Grosso e Bahia, e as regiões consideradas não tradicionais contemplam os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Maranhão, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais e São Paulo (AGRIDATA, 2004).

A importância da seringueira está principalmente na produção de látex (MARTINS; ZIERI, 2003), sendo essa matéria prima utilizada nas fábricas de pneumáticos e de centenas de artefatos de grande utilidade humana (SOUZA, 2007). A sangria dessa cultura

propicia empregos e renda para agricultores sem alternativa econômica, promovendo a fixação do homem no campo e a melhoria na qualidade de vida dos pequenos e médios produtores de borracha.

A heveicultura possui um aspecto econômico de aptidão à reposição florestal, pois, no final do seu ciclo produtivo, sua madeira pode ser comercialmente explorada e utilizada para diversos fins, como fabricação de móveis, caixotes, utensílios de cozinha, construção civil e outras finalidades. É importante também mencionar que a seringueira é uma fonte renovável de matéria-prima, pois quando propagada por enxertia, a produção de látex (borracha) pode se prolongar por 30-35 anos (IAPAR, 2010).

No aspecto ambiental, a cultura da seringueira, pelo fato de ser reflorestadora, ajuda na preservação e na conservação do solo e da água. Serve também como área de refúgio para a fauna (SOUZA, 2007), além do sequestro de carbono, promovido pelo processo fotossintético, o que pode reduzir, dessa forma, a concentração de CO₂ atmosférico, convertendo parte desse gás em biomassa vegetal, contribuindo, assim, para amenizar o efeito estufa (GONÇALVES, 2002).

A seringueira é suscetível a várias doenças, e a mais grave é o mal das folhas, também conhecida como queima sul-americana das folhas, ou ainda “South American Leaf Blight” (SALB), que tem como agente etiológico o fungo *Microcyclus ulei*. Essa doença ocorre em condições favoráveis ao desenvolvimento do fungo, que são umidade relativa do ar superior a 95% por 10 h consecutivas, e temperatura média diária também elevada, cujo ótimo está entre 24° e 26°C. Quando a umidade atmosférica é elevada, as condições favorecem a presença de água líquida (orvalho) nas folhas, fato que favorece a germinação dos esporos e a infecção da planta (CAMARGO *et al.*, 1967).

Segundo Medeiros (1976), regiões com períodos prolongados de orvalho, neblina ou chuvas leves, como áreas de baixadas úmidas, também favoreceram a infecção pelo fungo.

Com essas condições climáticas, a cultura da seringueira se torna altamente suscetível à infecção do patógeno, principalmente nos folíolos mais jovens, causando lesões que crescem até chegar ao desfolhamento sucessivo. Isso ocasiona o secamento de terminais de hastes e de galhos e, conseqüentemente, morte das plantas (GASPAROTTO *et al.*, 1997).

O Brasil possui ocorrência do mal-das-folhas em todos os estados onde a seringueira é cultivada, com danos significativos na Região Norte, no Sudeste da Bahia e no estado do Mato Grosso (GASPAROTTO; FERREIRA, 1989), no Espírito Santo

(GASPAROTTO *et al.*, 1997) e no estado de São Paulo, abrangendo principalmente a região do Vale do Ribeira.

2.1.1 Exigências edafoclimáticas para desenvolvimento da cultura da seringueira

O cultivo da heveicultura é condicionado aos elementos climáticos para a delimitação de áreas onde a cultura possa expressar a máxima produção (CHANG, 1981; PEREIRA, 1982; RAO *et al.*, 1993).

Segundo Shangphu (1986) e Shuochang e Yagang (1990), a temperatura média diária entre 18°C e 24°C é ideal ao fluxo de látex, obtendo-se a máxima taxa fotossintética com temperatura entre 27°C e 33°C, e fechamento estomático quando a temperatura passa de 35°C (RAO *et al.* 1990). Como forma de inserção dessa característica no zoneamento, Pilau *et al.* (2007) sugerem limitar as áreas aptas ao cultivo da seringueira apenas às regiões com temperatura médias do ar entre 15°C e 25°C.

Quanto à condição hídrica, Camargo (1963) delimitou inicialmente áreas com deficiência anual máxima de 150 mm, acima da qual o cultivo comercial da seringueira não seria economicamente viável. Posteriormente, Camargo (1976), pela percepção da elevada resistência que a cultura apresenta à estiagem, elevou a delimitação por deficiência hídrica para 200 mm no ano.

Mendes *et al.* (1992) demonstram que a heveicultura é capaz de suportar deficiências hídricas ainda maiores, pela presença de duas regiões de concentração radicular, uma camada superficial, de zero a 30cm, com grande volume de raízes aproveitando todas as chuvas, mesmo que pequenas, e outra, profunda, com volume radicular apreciável, abaixo de 120 cm de profundidade, chegando aos 270 cm ou mais, e garantindo o suprimento de água nas épocas mais secas, necessário para manter boas produções de látex.

Nos seringais ao norte e nordeste do estado de São Paulo e Açailândia, no Maranhão, foi observado que a deficiência hídrica anual supera 300 mm (ORTOLANI, 1980, 1982; ORTOLANI *et al.*, 1983; PINHEIRO, 1981). Camargo (1976, 1977), Camargo *et al.* (2003) e Campanharo *et al.* (2008) empregaram o limite de deficiência hídrica anual de 300 mm, em trabalhos de zoneamento agroclimático para a seringueira.

Frente às constatações de um sistema radicular profundo, capaz de tolerar longos períodos de estiagem, ao realizarem os zoneamentos agroclimáticos para as regiões sudeste e leste da Bahia, Almeida *et al.*, (1987) e Cecílio *et al.*(2006) adotaram limites máximos de deficiência hídrica anual de 50 mm a 200 mm.

O balanço hídrico permite definir os períodos de deficiência hídrica em que há necessidade de irrigação suplementar e a identificação de períodos de excesso, os quais podem ser aproveitados para o armazenamento superficial da água da chuva. O déficit hídrico aparece sempre que o solo não conseguir suplementar a precipitação no atendimento da evapotranspiração (D'ANGIOLELLA; VASCONCELLOS; ROSA, 2005).

2.1.2 Condições climáticas para esporulação do fungo *Microcyclus Ulei*

A seringueira é uma planta originária da floresta amazônica, de clima tropical equatorial úmido. Suas exigências climáticas são de temperaturas médias anuais elevadas e chuvas abundantes, possivelmente com estação hiberna amena e pouco chuvosa (CAMARGO *et al.*, 2003).

Segundo a carta de aptidão climática para heveicultura elaborada pelos autores anteriormente citados, os fatores térmicos e hídricos favoráveis ao desenvolvimento da seringueira são deficiência hídrica a 300 mm anual, temperatura média anual superior a 18° C e a temperatura média do mês mais frio superior a 15° C.

A esporulação do *Microcyclus ulei*, fungo causador do mal-das-folhas, principal doença da seringueira, é afetada pelos fatores climáticos, principalmente a temperatura e a umidade, que interferem no seu ciclo de vida (HOLLIDAY, 1970; CHEE; HOLLIDAY, 1986; GASPAROTTO *et al.*, 1989) e devem ser considerados para o manejo do mal das folhas (MDF). A temperatura afeta a formação, a germinação e a liberação de esporos (CHEE, 1976; GASPAROTTO *et al.*, 1989), bem como a infecção e desenvolvimento de *M. ulei* (GASPAROTTO *et al.*, 1989). A esporulação é mais abundante entre 23° e 25°C, mas pode ocorrer mesmo abaixo de 20°C, com intensidade variável, dependendo da combinação clone-isolado (GASPAROTTO *et al.*, 1989). Por essa razão, um dos critérios considerados como limitante ao desenvolvimento do *M. ulei* é a temperatura mínima média. Plantas inoculadas a 16°C, ao retornarem a 24°C, apresentam sintomas da doença (JUNQUEIRA *et al.*, 1985). Pillau *et al.* (2007) sugerem limitar a esporulação do fungo em áreas com temperatura mínima 21°C para a região Sudeste e Centro-Oeste.

Assim, quando as temperaturas médias do mês mais frio caem abaixo de 20 °C, o potencial de inóculo desse patógeno diminui na fase de lançamento dos primeiros fluxos foliares (CAMARGO *et al.*, 2003).

A produção de borracha ao longo do ano é influenciada, segundo Lima *et al.* (2002) e Melo *et al.* (2004), pelas variações sazonais. Temperaturas médias mais elevadas e maiores

ocorrências de chuvas favorecem a maior disponibilidade de açúcares prontamente assimiláveis, provenientes da sacarose nos tecidos laticíferos (LIMA *et al.*, 2002). Em trabalhos realizados por Melo *et al.* (2004), com três clones no município de Lavras-MG, foram observados teores mais elevados de fósforo e magnésio na borracha seca em dezembro, período de maior precipitação e com temperatura mais elevada.

2.1.3 Exigências edáficas para desenvolvimento da cultura da seringueira

As seringueiras são encontradas nas mais diferentes classes de solos e apresentam baixa exigência com relação à fertilidade química, embora a espécie responda bem à adubação (VIEIRA; GAMA, 2000). Segundo esses autores, os solos de seringais devem apresentar boas propriedades físicas, como a ausência de camada compactada ou impermeável no perfil, condições de drenagem, relevo plano a suave ondulado e lençol freático abaixo de 100 cm.

A seringueira, de acordo com Cunha e *et al.* (2000), requer solos profundos, porosos, bem drenados, de textura argilosa e com boa retenção de umidade. Segundo esses autores, as condições físico-hídricas são de extrema importância, considerando que a planta necessita retirar do solo uma grande quantidade de água para suportar uma produção de látex que chega a conter 68% de água.

Em trabalhos realizados nos municípios de Oratórios e Raul Soares-MG por Carmo *et al.* (2000), foi destacada a influência das propriedades físicas do solo sobre o desenvolvimento das seringueiras devido, principalmente, à restrição mecânica à penetração de raízes.

Segundo Vieira; Gama (2000), as seringueiras apresentam alta tolerância ao alumínio, e altos teores desse elemento não apresentam restrições ao desenvolvimento do sistema radicular, situação típica observada no Cerrado brasileiro. Contudo, a carência dos nutrientes, nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio pode induzir ao desenvolvimento de plantas com menor espessura de casca, menor diâmetro dos vasos laticíferos e menor diâmetro do caule (GONÇALVES *et al.*, 2001).

2.2 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As variações climáticas não previstas podem provocar risco e insucesso na atividade agrícola (CUNHA; ASSAD, 2001; FARIAS, et al., 2001). Tal situação causou reflexos no Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO.

O acoplamento do zoneamento agroclimático ao PROAGRO, como um instrumento oficial de política pública, trouxe benefícios importantes à agricultura brasileira, pois está se transformando em um indutor de uso de tecnologia e de suporte para a tomada de decisões nas ações de seguro agrícola. Desde sua implementação, observa-se os principais resultados: redução dos riscos climáticos para culturas, aumento de produtividade; redução das taxas de sinistro, bem como a diminuição do número de indenizações pagas pelo governo federal, por meio do PROAGRO (CUNHA; ASSAD, 2001; ROSSETTI, 2001).

As condições ambientais do clima e do solo controlam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, no entanto esses elementos devem ser adequadamente avaliados antes de se implantar qualquer atividade agrícola ou silvicultural. O primeiro e mais decisivo passo em qualquer planejamento deve ser a identificação de áreas com alto potencial de produção, isto é, áreas onde o clima seja adequado para a cultura (PEREIRA, ANGELOCCI; SENTELHAS, 2000).

De acordo com Ometto (1981), Ferreira (1997) e Pereira, Angelocci; Sentelhas (2002), o zoneamento agroclimático consiste essencialmente na delimitação de áreas com aptidão (regiões climaticamente homogêneas) para o cultivo de determinada cultura, na qual estão estabelecidas as condições hídricas e térmicas ideais para seu desenvolvimento e produtividade.

A partir da escolha da espécie, com o zoneamento agroclimático, é possível determinar o potencial agrícola de uma região, proporcionar aos produtores rurais a época de semeadura, como também a adoção de técnicas de manejo mais adequadas (WALDHEIM *et al.*, 2006; PEREIRA, ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O estudo de caracterização do ambiente agroclimático fundamenta-se em dois elementos climáticos principais: pluviosidade e temperatura. Essas variáveis afetam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, uma vez que a temperatura do ar está diretamente relacionada com os processos de fotossíntese e de evapotranspiração e precipitação; por outro lado, é quem fornece a água envolvida em tais processos (PEREIRA, 2005). A partir da precipitação e da temperatura, é possível realizar o BHC (Balanço Hídrico Climatológico), fundamental para o zoneamento agroclimático (PILAU *et al.*, 2007).

Reis (1974), Ortolani (1985), Almeida *et al.* (1987), Camargo; Marin; Carmargo (2003), Marin (2005), Cecílio *et al.* (2006), Pilau *et al.* (2007) e Campanharo *et al.* (2008), desenvolveram trabalhos relevantes no âmbito nacional de zoneamento agroclimático para

a heveicultura, levando-se em consideração o risco de ocorrência do “mal-das-folhas”, tendo como base dados de precipitação, temperatura do ar e elementos do balanço hídrico.

O zoneamento agroecológico tem como objetivo oferecer subsídios técnico-científicos aos gestores municipais, para: melhor planificação de assistência técnica, pesquisa e experimentação agrícola na região; apoio gerencial e monitorial às políticas públicas e privadas e ações ligadas à educação ambiental; facilitar o acesso de informações multitemáticas nas tomadas de decisões, por meio da disponibilização de uma base de dados ambientais das microbacias hidrográficas; aumentar o valor e a renda da produção e a melhoria da qualidade de vida dos índios, assentados e proprietários rurais, com base no agronegócio; recompor as áreas de floresta, por meio de sistemas de produção economicamente viáveis; alternativas às atividades predatórias e promoção do desenvolvimento sustentável, considerando a diversidade sistêmica e de ocupação.

Como ferramenta de tomada de decisão, o zoneamento agroclimático não é definitivo e deve ser constantemente atualizado, sendo passível a incorporação de novas metodologias de estudo, visando a maiores informações sobre as condições climáticas das culturas selecionadas e, sobretudo, a proporcionar um maior retorno dos investimentos a médio e longo prazo (SEDIYAMA *et al.*, 2001).

Com o aquecimento global, em um futuro próximo, espera-se cenário de clima mais extremo com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes (SALATI *et al.*, 2004). A elevação na temperatura aumenta a capacidade do ar em reter vapor d’água e, conseqüentemente, há maior demanda hídrica. Em resposta a essas alterações, os ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade ou sofrer influências negativas.

Segundo Thomas *et al.* (2004), com a elevação das temperaturas, 18 espécies, indicadas no relatório do IPCC, estarão ameaçadas de extinção até o ano de 2050, considerando o cenário mais otimista. Impactos como a elevação do nível dos oceanos e furacões mais intensos e mais frequentes também poderão ser sentidos, assim como o derretimento das geleiras (SALATI *et al.*, 2004).

O Brasil, com sua dimensão continental, possui uma considerável heterogeneidade climática, tipos de solo e topografia. Considerando-se os prognósticos de aumento das temperaturas, pode-se admitir que as regiões climaticamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado de plantas agrícolas se tornarão desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal. Quanto maior a anomalia, menor a aptidão da região, até o limite

máximo de tolerância biológica ao calor. Culturas tolerantes a altas temperaturas provavelmente serão beneficiadas até o seu limite próprio de tolerância ao estresse térmico.

No caso de baixas temperaturas, regiões que atualmente são limitantes ao desenvolvimento de culturas suscetíveis a geadas, com o aumento do nível térmico decorrente do aquecimento global, passarão a apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento dessas culturas.

Nas plantas, a atividade fotossintética é diretamente proporcional ao aumento da temperatura. As reações catalisadas enzimaticamente podem ser aceleradas, o que resulta na perda da atividade das enzimas, fator associado à tolerância das plantas ao calor (BIETO; TALON, 1996). No caso do cafeeiro da espécie *Coffea arabica*, as temperaturas médias anuais ótimas situam-se entre 18°C e 22°C. A ocorrência frequente de temperaturas máximas superiores a 34°C causa o abortamento de flores e, conseqüentemente, perda de produtividade (CAMARGO, 1985; PINTO *et al.*, 2001; SEDIYAMA *et al.*, 2001). Temperaturas entre 28 °C e 33 °C provocam uma redução na produção de folhas e na atividade fotossintética do cafeeiro (DRINNAN; MENZEL, 1995).

Segundo Marengo (2001), o número de frentes frias provocando geadas intensas no Sul do Brasil diminuiu com o decorrer do tempo, havendo uma tendência de invernos mais quentes. Apesar disso, entre os anos de 1882 e 2000, foram identificadas 42 geadas prejudiciais ao cafeeiro, na região Sul e Sudeste, com 35% dos eventos provocando perdas na produção. Conforme Caramori *et al.* (2001), Pinto *et al.* (2001) e Sedyama *et al.* (2001), temperatura mínima tolerável sem causar danos às folhas é de 0 °C a 1 °C. No caso do zoneamento de riscos climáticos para o café no Brasil, apenas são consideradas em condição de financiamento da lavoura as regiões que apresentam risco de geada igual ou inferior a 25%, ou seja, 75% de chances de que a temperatura mínima seja igual ou superior a 1 °C. Para efeito de abortamento de flores, o mesmo zoneamento considera como tolerável a temperatura média mensal até 24 °C.

O quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC (2013), destaca que as concentrações atmosféricas globais de gases do efeito estufa – GEE, como metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂), tiveram um crescimento significativo devido a atividades realizadas pelo ser humano desde 1750, e hoje superam em muito os valores pré-industriais estabelecidos. Os aumentos das concentrações de CH₄ e N₂O são devidos, sobretudo, a práticas agrícolas. Enquanto que os aumentos da concentração de CO₂, se devem à utilização de queima de combustíveis fósseis e a diferentes formas de uso do solo.

O relatório do IPCC (2013) cita ainda modelos climáticos que preveem, que devido a esse aumento da concentração de GEE (principalmente o CO₂), a temperatura média do ar tenderá a aumentar em torno de 1,0 °C a 2,0 °C, levando em conta o período de 2046 a 2065, e de 1,0 °C a 3,7 °C, até ao final do século XXI, ou seja, no período de 2081 a 2100. A marca para realizar as comparações foi de duas décadas, abrangendo o período de 1986 a 2005 (IPCC, 2013).

Collicchio (2008) destaca que as projeções do IPCC têm causado apreensão junto aos profissionais da área técnica-científica da agropecuária. Isso tem estimulado a realização de mais estudos avaliando às possíveis consequências das mudanças climáticas, em específico em relação aos impactos sobre os zoneamentos agroclimáticos de diversas culturas.

Moss *et al.* (2010, p. 10) afirmam que:

Os cenários utilizados nas pesquisas em mudança do clima têm sido tradicionalmente desenvolvidos por meio de um processo sequencial, seguido passo a passo com lenta troca de informações entre as disciplinas. Para o Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do IPCC, os pesquisadores de mudança do clima de diferentes disciplinas têm estabelecido um processo paralelo de nova coordenação para o desenvolvimento de cenários. O processo paralelo começa com quatro cenários futuros de forçantes radiativas, os RCPs – Caminhos Representativos de Concentrações –, onde a palavra ‘representativos’ refere-se a um de muitos cenários possíveis, e a palavra ‘caminhos’, aos níveis de concentrações de interesse que não apenas a concentração de longo prazo, mas a trajetória ao longo do tempo para alcançar tal resultado.

O enfoque em cenários de emissões, que agora se identificam como cenários normativos, diferente de outrora, que se enquadravam na categoria de cenários exploratórios (e.g., ALCAMO, 2001), possibilitarão que possam ser modelados dados em investigações futuras, fundamentadas em cenários (MOSS *et al.*, 2010).

Cada cenário possui uma família que recebeu uma variável (número) após a sigla, os chamados “Representative Concentration Pathways – RCP”, que apresenta o valor da forçante radiativa com foco no final do século (2100), pois os estudos climatológicos ligados ao IPCC usam essa referência. Foram simulados quatro diferentes cenários de concentrações de gases de efeito estufa, possíveis de acontecer até o ano de 2100. Dessa forma, os novos cenários são:

- RCP 8.5, onde o forçamento radiativo será maior do que 8,5 Wm⁻² e a concentração de CO₂ equivalente será superior a 1.370 ppm.;

- RCP 6.0, onde o forçamento radiativo será de cerca de $6,0 \text{ Wm}^{-2}$ e a concentração de CO_2 equivalente de aproximadamente de 650 ppm;
- RCP 4.5, onde o forçamento radiativo será em torno de $4,5 \text{ Wm}^{-2}$ e a concentração de CO_2 equivalente com valores próximos de 650 ppm;
- RCP 2.6, onde o forçamento radiativo girará em torno de $3,0 \text{ Wm}^{-2}$ e a concentração de CO_2 equivalente chegará a um valor máximo de aproximadamente 490 ppm antes de 2100, e, então, haverá uma redução (MOSS *et al.*, 2010).

Tendo esses cenários como referência, pode-se, por meio de processos paralelos, buscar novos estudos que apresentarão diversas possibilidades de condições distintas para climas futuros, levando-se em consideração sempre recentes dados climáticos que influenciem nos processos de mudanças do clima. As pesquisas serão ferramentas que facilitarão o entendimento dos *feedbacks* maiores, por meio da identificação das demandas e das estratégias de adaptação, buscando novas formas de mitigação dos problemas encontrados.

Koumrouyan *et al.* (2010, p. 11) explicam que:

O conceito de que os quatro caminhos de forçantes radiativas podem ser atingidos por uma gama diversificada de variáveis socioeconômicas e de cenários de desenvolvimento tecnológico é central ao novo processo paralelo. A consequente colaboração intensificada entre as pesquisas em avaliações de impactos, adaptação e vulnerabilidades melhorará a análise das questões complexas, como os custos, riscos e benefícios de diferentes opções políticas e o futuro climático e socioeconômico.

Dessa forma, esse processo paralelo diminuirá as diferenças encontradas com relação à criação dos cenários de emissões, à utilização desses cenários nas modelagens matemáticas climatológicas e à realização de pesquisas sobre vulnerabilidade, adaptação e impactos ambientais por meio da aplicação dos valores encontrados para cada cenário climático (MOSS *et al.*, 2010).

Atualmente é impossível determinar em qual dos cenários apresentados pelo AR5 do IPCC (2013) o planeta se enquadrará com o passar dos anos, assim, é salutar ter o discernimento de que esses valores devem ser utilizados como parâmetros e não como dados exatos futuros. Mas por meio desses cenários, já se pode dimensionar a possível evolução da temperatura média global até o ano de 2100.

De acordo com AR5 (IPCC, 2013), o aquecimento global de 1951 até hoje tem sido de cerca de $0,12 \text{ }^\circ\text{C}$ por década. Esse ritmo se desacelerou nos últimos 15 anos a $0,05$

°C por década, mas a escala de tempo é curta demais para tirar conclusões. O número de dias e noites frios decaiu, e o número de dias e noites quentes aumentou. A frequência de ondas de calor aumentou em grandes partes de Europa, Ásia e Austrália e a constância de fortes chuvas aumentou na América do Norte e na Europa. O oceano armazenou mais de 90% da energia acumulada entre 1971 e 2010 (IPCC, 2013).

Tabela 1- Alteração média da temperatura global da superfície (°C) para cada cenário de emissões e períodos

Cenários	2046-2065		2081-2100	
	Média	Faixa Provável	Média	Faixa Provável
RCP 2.6	1,0	0,4 a 1,6	1,0	0,3 a 1,7
RCP 4.5	1,4	0,9 a 2,0	1,8	1,1 a 2,6
RCP 6.0	1,3	0,8 a 1,8	2,2	1,4 a 3,1
RCP 8.5	2,0	1,4 a 2,6	3,7	2,6 a 4,8

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

A redução de cobertura de gelo na Groenlândia aumentou de 34 bilhões de toneladas ao ano, na década de 2001, para 147 bilhões de toneladas um ano após a mesma escala de tempo, sobretudo do norte da península Antártica à região do mar de Amundsen, no oeste da Antártica. O nível médio do mar em todo o mundo aumentou 19 cm entre 1901-2010, em média 1,7 mm ao ano (75% dessa elevação devem-se à perda de geleiras e à expansão térmica do oceano). Essa elevação acelerou para 3,2 mm ao ano entre 1993 e 2010. Durante o último período entre eras glaciais, quando as temperaturas ficaram abaixo daquelas maioritariamente projetadas para 2100, o nível do mar máximo foi de pelo menos 5 metros maior do que o atual, devido ao degelo da Groenlândia e da Antártica (IPCC, 2013).

Em 2100, reduções anuais da extensão de gelo do mar do Ártico são vistas em todos os cenários. Elas variam de uma diminuição da cobertura de gelo no verão de 43% no cenário RCP 2.6 para 94% no cenário RCP 8.5, com 8% na cobertura de gelo no inverno em RCP 2.6 a 34% no cenário RCP 8.5 (IPCC, 2013).

A Tabela 1 mostra, segundo o AR5 do IPCC (2013), quais são as alterações médias da temperatura global da superfície da terra, utilizando quatro cenários (RCP 2.6; RCP 4.5; RCP 6.0 e RCP 8.5) para dois períodos, um de 2046 a 2065, e outro para o final do século, que é de 2081 a 2100.

Em 2011, os níveis de CO₂, o principal gás-estufa, situou-se em 391 partes por milhão na atmosfera. As concentrações de CO₂ aumentaram 40% desde épocas pré-

industriais, predominantemente resultantes de emissões de combustíveis fósseis, e depois de emissões provocadas por mudanças no uso do solo. Até 2011, as emissões totais antropogênicas de CO₂ desde a industrialização foram de 545 bilhões de toneladas de carbono. O CO₂ gerado por combustíveis fósseis chegou a 365 bilhões de toneladas de carbono. O desmatamento e outros usos do solo responderam por 180 bilhões de toneladas. O oceano absorveu 155 bilhões de toneladas; os sistemas terrestres naturais, 150 bilhões e 240 bilhões estão na atmosfera (IPCC, 2013).

Assim, para ter-se a possibilidade de alcançar a meta proposta pela ONU de chegar a um aquecimento menor de 2°C em comparação com a época pré-industrial, todas as emissões de carbono das fontes antropogênicas precisariam ser limitadas a cerca de 1 gigatonelada, sendo que até 2011, já foram emitidas 531 gigatoneladas (IPCC, 2013).

REFERÊNCIAS

- ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013, ano base 2012**. Brasília: ABRAF. 2013, 148 p.
- ALCAMO, J. **Scenarios as tools for international environmental assessments**. Experts' corner report Prospects and Scenarios n. 5. Copenhagen: European Environment Agency, 2001.
- ALMEIDA, H. A.; SANTANA, S. O.; SÁ, D. F. Zoneamento edafo-climático para a seringueira do Sudeste da Bahia, com enfoque na incidência do mal-dasfolhas. **Revista Theobroma**, Ilheus, v.17, n.2, p.111-124, abr./jun. 1987.
- ARTAXO, P. Mudanças climáticas e a Amazônia. **Scientific American Brasil**, São Paulo, v.2, p. 91-98, 2008.
- BIETO, J. A.; TALON, M. Fisiologia y bioquímica vegetal. Madrid: Interamericana; McGraw-Hill, 1996. p.537-553.
- CAMARGO, A. P. **Aptidão climática para heveicultura no Brasil**. Ecosistema. v. 1. Campinas: EMBRAPA, 1976. v.1, p.6-1.
- CAMARGO, A. P. **Possibilidades climáticas da cultura da seringueira em São Paulo**. 2. ed. Boletim 110. Campinas: Instituto Agrônomo, 1963. 23p.
- _____. Clima e a cafeicultura no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, n. 126, v. 11 n. 126, p. 13-26, 1985.
- CAMARGO, A. P.; CARDOSO, R. M. G.; SCHMIDT, N. C. Comportamento e ecologia do "mal-das-folhas" da seringueira nas condições climáticas do planalto paulista. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. 26, p. 1-18, 1967.

CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: EMBRAPA, 2003, 19 p. (Documentos 24)

CAMPANHARO, W. A.; SPERANDIO, H. V.; CECILIO, R. A.. Zoneamento agroclimático da seringueira para o estado do Espírito Santo, com vistas à delimitação de áreas de escape contra o mal-das-folhas. Anais... XV Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo/SP: XV CBMet, 2008.

CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; WREGGE, M. S.; GONÇALVES, S. L.; FARIA, R. T.; ANDROCIOLI FILHO, A.; SERA, T.; CHAVES, J. C. D.; KOGUSHI, M. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no Estado do Paraná. Número especial Zoneamento Agrícola. Revista Brasileira de Agrometeorologia, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.363-371, 2001.

CARMO, C. A. F. D. S. D.; CUNHA, T. J. F.; GARCIA, N. C. P.; FILHO, B. C.; CONCEIÇÃO, M. D., MENEGUELLI, N. D. A.; BLANCANEUX, P. **Influência de atributos químicos e físicos do solo no desenvolvimento da seringueira na região da Zona da Mata de Minas Gerais**. Campinas: EMBRAPA, 2000. 23 p.

CECÍLIO, R. A.; MEDEIROS, S. S.; SILVA JUNIOR, J. L. C.; SOUZA, J. A. Zoneamento agroclimático para a heveicultura na parte leste do estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 7, v.1, p.14-17, 2006.

CHEE, K. H.; HOLLIDAY, P. South American leaf blight of *Hevea brasiliensis*: spore dispersal of *Microcyclus ulei*. *Annals of Applied Biology*, Kuala Lumpur, v.84, p.147-152, 1976.

CHEE, K. H.; HOLLIDAY, P. South American leaf blight of *Hevea* rubber. Kuala Lumpur: Malaysian Rubber Research and Development Board, 1986. 50p.

COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; BORGES, L. A. C.; OLIVEIRA, A. D. Análise temporal da borracha natural brasileira. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 19-26, 2009.

COLLICCHIO, E. **Zoneamento agroclimático e ambiental para a cultura da cana-de-açúcar e as implicações das mudanças climáticas no estado do Tocantins**. 2008. 156 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 2008.

CUNHA, J. F. D. **A Seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) no Vale do Paraíba**. São Paulo: Boletim Científico do Instituto Agrônomo do estado de São Paulo, v.25, n.2, p.129-144, 1966.

CUNHA, T. J. D.; BLACANEUX, P.; FILHO, B. C.; CARMO, C. A. F. D. S. D.; GARCIA, N. C. P.; LIMA, E. M. B. Influência da diferenciação pedológica no desenvolvimento da seringueira no município de Oratórios, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.145-155, 2000.

CUNHA, G.R. da; ASSAD, E.D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p. 377-385, 2001.

D'ANGIOLELLA, G.; VASCONCELLOS, V. L. D. ; ROSA, J. W.W. C. Estimativa e espacialização do balanço hídrico na mesorregião sul da Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** Goiânia, p.16-21, 2005.

DRINNAN, J. E.; MENZEL, C. M. Temperature affects vegetative growth and flowering of coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v. 70, p. 25-34, 1995.

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.415-421, 2001.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. 1997. 158 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

GAMEIRO, A.H.; SARETTA, C.B. Preços do petróleo puxam os da borracha. **Revista Preços Agrícolas**, Piracicaba, v. 168 p.29, 2000.

GASPAROTTO, L.; FERREIRA, F. A. Mal das folhas da seringueira. In: FERREIRA, F. A. **Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. p.289-313.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. F.; PEREIRA, J. C. R.; FERREIRA, F. A. **Doenças da seringueira no Brasil**. Brasília: Serviço de Produção de Informação - EMBRAPA, v. 01. 168 p, 1997.

GOLDTHORP, C. C.; TAN, L. I. A review of environmental issues in natural rubber production. **The Planter**, v. 72. n. 840, p. 123-128, 131-139, 1996.

GONÇALVES, P. D. S.; BORTOLETTO, N. SAMBUGARO, R.; FURTADO, E. L.; BATAGHA, O. C. ORTOLANI, A. A.; JÚNIOR G. G. Desempenho de clones de seringueira de origem amazônico no planalto do estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 2001.

GONÇALVES, P. S. Uma história de sucesso: a seringueira no estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 6-14, 2002.

GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R. de; SOUZA, R. A. de. **Retrospectiva e atualidade do melhoramento genético da seringueira (*Hevea spp.*) no Brasil e países asiáticos**. Manaus: EMBRAPA-CNPDS, 1983. 69 p.

G1, Economia, Agronegócios. **Alta no setor da borracha faz dobrar área plantada de seringueira**. 23 jun. 2013. Disponível em: <<http://www.g1.globo.com/economia/agronegocios>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

HOLLIDAY, P. **Dispersal of conidia of *Dothidella ulei* from *Hevea brasiliensis***. London: *Annals of Applied Biology*, 1970. 31p.

IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultivo da seringueira (*Hevea spp.*)**. Disponível em: <http://www.iapar.br/zip_pdf/cultsering.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2010.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 set. 2013.

IPCC. **Climate change 2013**: working group I: contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change working. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf> Acesso em: 10 jun. 2014.

ITIS. INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM. **Standard Report Page: *Hevea brasiliensis***. Disponível em: <<http://www.itis.usda.gov>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

JUNQUEIRA, N. T. V. **Variabilidade fisiológica de *Microcylus. ulei* (P. Henn.)**. 1985. 135f. Tese. Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 1985.

KOUMROUYAN, A.; BEZERRA, D. S.; DOMINGUES, I. L. P.; CASAGRANDE, L.; VIEIRA, R. M. S. P. **Projeções climáticas para o século XXI: IPCC AR4, IPCC AR5**. São Paulo: São Jose dos Campos, 2010.

LIEBEREI, R. South American leaf blight of the rubber tree (*Hevea spp.*): new steps in plant domestication using physiological features and molecular markers. **Annals of Botany**, Oxford, v. 100, n. 6, p.1125–1142, 2007.

LIMA, D. U. D.; OLIVEIRA, L. E. M. D.; SOARES, Â. M.; DELU-FILHO, N. Avaliação da produção de borracha e da dinâmica de carboidratos solúveis em plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg.) cultivadas em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 377-383, 2002.

MACEDO, R. L. G.; OLIVEIRA, T. K.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E. Introdução de clones de seringueira no Noroeste do Estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p.124-133, 2002.

MARENGO, J. A.; B. LIEBMANN; V. E. KOUSKY; N. P. FILIZOLA; I. C. WAINER. **Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon basin. J. Climate**, v. 14, p. 833 – 852, 2001.

MARIN, F. R.; BARRETO JUNIOR, C. E. F. Zoneamento agroclimático da heveicultura no Estado de São Paulo. In: XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14. Sociedade brasileira agrometeorologia, **Anais...** Campinas, 2005.

MARTINS, M. B. G.; ZIERI, R. Anatomia foliar de clones de seringueira. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 709-713, 2003.

MEDEIROS, A. G. **Novos conceitos sobre controle químico do "mal-dasfolhas" da seringueira**. Itabuna: CEPEC-CEPLAC, 1976. 20p.

MELO, R. F.; OLIVEIRA, L. E. M. D.; MESQUITA, A. C.; FILHO, N. D. Variação sazonal de algumas características nutricionais e bioquímicas relacionadas com a produção de látex em clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (wild.) muell. Arg.], em Lavras-MG. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, v. 28, p. 1326-1335, 2004.

MOSS, R. H. *et al.* The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, London, v.463, p. 747-756, 2010.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 425p.

ORTOLANI, A. A. **Aptidão climática para a cultura da seringueira em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 1985. v.11, p.8-12.

_____. **The importance of agrometeorology to rubber production in Brazil**. Brazilian Agriculture & Commodities. Hambrook Publishing Company, 1982. p. 34-36.

ORTOLANI, A. A. *et al.* Aptidão climática para regionalização da heveicultura no Brasil. In: Seminário Brasileiro para Recomendação de Clones de Seringueira, **Anais...** Brasília, p.19-28, 1983.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, J. P.; DORETTO, M.; LEAL, A. C.; CASTRO, A. M. G.; RUCKER, N. A. **Cadeia produtiva da borracha natural: análise diagnóstica e demandas atuais no Paraná**. Londrina: IAPAR, 2002. 85p.

PEREIRA, A.R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.311-313, 2005.

PILAU, F. G.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ARBARISI, B. F. Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.15, n.2, p.161-168, 2007.

PINHEIRO, F. S. V. **Comportamento de alguns clones amazônicos de seringueira (*Hevea spp*) nas condições ecológicas de Açailândia**. Resultados preliminares. 1981. 83 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa. 1981.

PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; ASSAD, E. D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do Estado de São Paulo. Número especial Zoneamento Agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p.495-500, 2001.

PIRES, J. M. **Revisão do gênero *Hevea***: descrição das espécies e distribuição geográfica: relatório anual, 1972. Belém: Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, 1973. Portsmouth, 1980. p. 6-66.

REIS, A. C. S. **Zoneamento agroclimático para a seringueira em Pernambuco**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1974.

RIPPEL, M.M.; BRAGANÇA, F.C. Borracha natural e nanocompósitos com argila. **Quim. Nova**, São Paulo, n. 32, n. 3, p. 818-826, 2009.

RODRIGO, V. H. L. Ecophysiological factors underpinning productivity of *Hevea brasiliensis*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 245-255, 2007.

ROSSETTI, L.A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p. 386-399, 2001.

SALATI, E.; SANTOS, A. A. dos; NOBRE, C. As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm>. Acesso em: 25 jun. 2004.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. Número especial Zoneamento Agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p. 501-509, 2001.

SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; LIMA, J. A.; CORDEIRO, S. A. Análise de previsões do preço da borracha natural no Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 285-294, 2008.

SOUZA, I. A. de **Avaliação de clones de Seringueira (*Hevea* spp.) em Piracicaba – SP**. Piracicaba: ESALQ, 2007. 71 p.

SEAGRO, Secretaria de Estado da Agricultura e Pecuária do Tocantins. Palmas: SEAGRO, 2012.

THOMAS, C. D.; *et al.* Extinction risk from climate change. *Nature*, Boston, v. 427, p.145-148, 2004

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, Michigan, v.38, p.55-94, 1948.

VIEIRA, L. S.; GAMA, J. R. N. Solos e Plantio da Seringueira. In: VIÉGAS, I. D. J. M.; CARVALHO, J. G. D. (Ed). **Seringueira: Nutrição e Adubação no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2000. p.284.

WALDHEIM, P. V. *et al.* Zoneamento climático da cana-de-açúcar, da laranja e do algodão herbáceo para a região Nordeste do Brasil. **Anu. Inst. Geocienc.**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 30-43. 2006.

CAPÍTULO 1

ZONEAMENTO EDAFOCLIMÁTICO E AMBIENTAL PARA A HEVEICULTURA NO ESTADO DO TOCANTINS

RESUMO

A seringueira é uma cultura em franca expansão no estado do Tocantins. Para definição de áreas aptas à cultura no Estado, elaborou-se um zoneamento edafoclimático e ambiental com base no cálculo do balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite-Mather (1955), utilizando dados mensais de precipitação e temperatura de 110 estações meteorológicas durante a média de 30 anos. As informações climáticas e edáficas favorecem a determinação de áreas mais aptas ao cultivo e à mecanização. Os resultados mostram que a maior parte do Estado, 83,96 %, apresenta área marginal para o clima, não sendo isso um fator limitador para implantação da cultura no Estado, fazendo-se uso da técnica de manejo de irrigação. O zoneamento edafoclimático foi resultante do cruzamento do zoneamento agroclimático com o mapa de aptidão edáfica natural do Estado, resultando em uma área de 44,65%, considerada restrita ao cultivo da seringueira no Estado, onde o clima é marginal e o solo é desfavorável à implantação da cultura.

Palavras-chave: Aptidão climática, Seringueira, Balanço Hídrico, Solos.

ABSTRACT

Rubber tree cultivation is booming in the state of Tocantins. For the definition of cultivation areas in the state, an edaphoclimatic and environmental zoning was elaborated, based on the calculation of the climatological water balance according to Thornthwaite-Mather (1955), using monthly precipitation and temperature data from 110 meteorological stations for an average of 30 years. Climate and soil information favour the determination of the most suitable areas for cultivation and mechanization. The results show that the majority, 83.96%, of Tocantins' territory benefits of a marginally adequate climate for the cultivation of rubber tree, but that is not a limiting condition for the implementation of the culture, as long as techniques of irrigation are used. The edaphoclimatic zoning resulted from crossing the agroclimatic zoning with the map of natural edaphic aptitude of the state, leading to a restricted area of 44.65%, considered restricted to rubber cultivation in the state, where the climate is marginal and the soil is unfavourable for the establishment of this crop.

Keywords: Climatic aptitude, Rubber tree, Water balance, Soils.

1.1 INTRODUÇÃO

A seringueira (*Hevea brasiliensis*), árvore que produz a borracha natural, pertence à família das Euforbiáceas e é originária da Amazônia, entre as latitudes 3°N e 15°S. No entanto seu cultivo estende-se desde as latitudes 24°N até 25°S, demonstrando grande adaptabilidade a diferentes climas (CARMO *et al.*, 2004; CECÍLIO *et al.*, 2006).

A borracha é de grande importância em diversos setores, como na saúde, na produção de diferentes artefatos e, também, na engenharia, onde é utilizada como isolante térmico, correias transportadoras, vedação, entre outros.

Segundo Macedo *et al.* (2002), as perspectivas para o mercado da borracha no Brasil são as melhores possíveis, o que se deve não apenas à produção ainda insuficiente para atender ao consumo nacional, mas também à tendência de preços em elevação no mercado internacional, decorrente do aumento do consumo e da estabilização da produção mundial.

Apesar do crescimento na produção mundial de látex ocorrido entre os anos 2003 e 2005, já existia um déficit de produção de 60 milhões de toneladas (INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP, 2006), situação que vem se mantendo até hoje.

Isso retrata a importância da expansão das áreas de cultivo, que vem ocorrendo nos últimos anos no país, tornando-se um crescente e promissor negócio à agricultura brasileira (ABRAF, 2013).

Como o efeito integrado das condições ambientais influencia na produtividade de todas as espécies vegetais (PEREIRA, ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002), a expansão da heveicultura deve ser condicionada aos fatores climáticos e edáficos.

As condições ambientais do clima e do solo controlam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, no entanto esses elementos devem ser adequadamente avaliados antes de se implantar qualquer atividade agrícola ou silvicultural. O primeiro e mais decisivo passo em qualquer planejamento deve ser a identificação de áreas com alto potencial de produção, isto é, áreas onde o clima seja adequado para a cultura (PEREIRA, ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O zoneamento agroclimático consiste essencialmente na delimitação de áreas com aptidão, ou seja, regiões climaticamente homogêneas, para o cultivo de determinada cultura, em que as condições hídricas e térmicas ideais para seu desenvolvimento e sua produtividade estão estabelecidas (OMETTO, 1981; FERREIRA, 1997).

É possível determinar o potencial agrícola de uma região por meio do uso de zoneamento climático, o que proporcionará ao agricultor não só a escolha das culturas, mas também a aplicação de técnicas de manejo (WALDHEIM *et al.*, 2006).

Pluviosidade e temperatura são os dois principais elementos climáticos em que o estudo de caracterização do ambiente agroclimático se fundamenta. O crescimento e o desenvolvimento das plantas são afetados diretamente por essas variáveis. Isso porque a temperatura do ar está diretamente relacionada com os processos de fotossíntese e de evapotranspiração; e, por outro lado, a precipitação é quem fornece a água envolvida em tais processos. A partir da precipitação e da temperatura, é possível realizar o balanço hídrico climatológico (BHC), fundamental para a elaboração do zoneamento agroclimático (SILVA, 2010).

Trabalhos relevantes no âmbito nacional de zoneamento agroclimático para a heveicultura foram desenvolvidos por Reis (1974), Ortolani (1985), Almeida *et al.* (1987), Camargo; Marin; Carmargo (2003), Marin (2005), Cecílio *et al.* (2006), Pilau (2007) e Campanharo *et al.* (2008). Esses pesquisadores levaram em consideração o risco de ocorrência do “mal-das-folhas” como base nos dados de precipitação, temperatura do ar e elementos do balanço hídrico.

Camargo *et al.* (1976, 1977) realizaram o zoneamento de aptidão climática para a cultura da seringueira para todo o Brasil, e Camargo; Marin; Carmargo (2003) atualizaram os parâmetros agroclimáticos para a elaboração no zoneamento para a cultura.

Diante do exposto, o presente trabalho visou elaborar o zoneamento agroclimático da cultura, para o estado do Tocantins, com maior nível de detalhamento, devido à expressiva quantidade de dados meteorológicos disponíveis atualmente, utilizando os parâmetros agroclimáticos conforme Camargo; Marin; Carmargo (2003). Além disso, objetivou-se também elaborar o zoneamento edafoclimático e ambiental para o Tocantins, a fim de delimitar áreas potencialmente aptas ao seu cultivo no Estado.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o estado do Tocantins, localizado na região Norte do Brasil, com uma área total de 277.620,914 km² (SEPLAN, 2012a; IBGE, 2012). O Estado tem como confrontantes os estados do Maranhão, a nordeste; do Piauí, a leste; da Bahia, a sudeste; Goiás, ao sul; Mato Grosso, a sudoeste; e Pará, a noroeste (Figura 1).

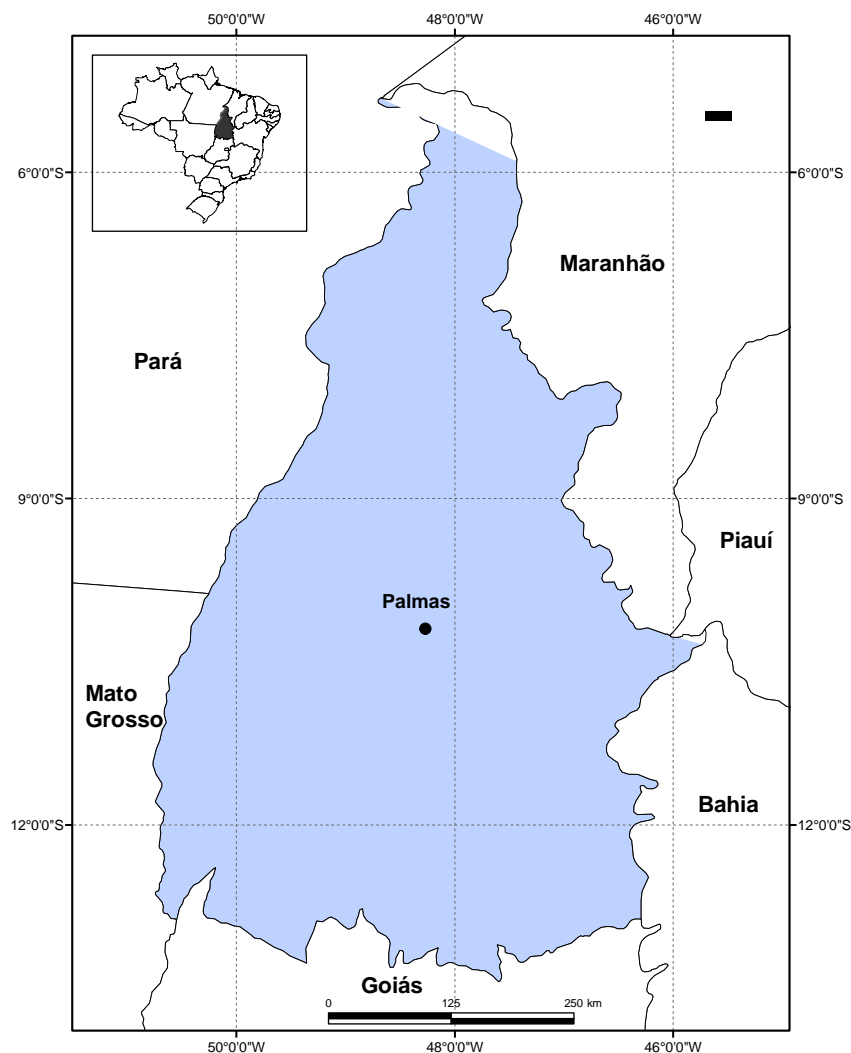


Figura 1 - Localização da área de estudo
 Fonte: Collicchio (2008, p. 44)

1.2.2 Caracterização física do Estado

O estado do Tocantins apresenta um relevo caracterizado por topografia plana a plana ondulada, com predomínio muito significativo de classe de declividade entre menor do que 5% a 10%. Com relação à altitude, as cotas variam entre 90 m no município de Esperantina, divisa com o Pará, e 1.340 m na Serra das Traíras ou das Palmas, divisa com o estado de Goiás. Existem também unidades morfológicas com relevo suave ondulado ou colinosas, bem como áreas fortemente inclinadas e áreas íngremes, com regiões montanhosas. Grande parte dessas unidades apresenta solos Plintossolos, Latossolos e Neossolos Quartzarênicos (SEPLAN, 2012).

O Estado apresenta dois sistemas hidrográficos, cujos eixos de drenagem são os rios Tocantins e Araguaia. O divisor de águas corta o Estado no sentido sul-norte, sendo o sistema do rio Araguaia composto de 16 bacias hidrográficas com uma área de 104.990,8

km², correspondendo a 37,7% da área total do Estado; e o sistema do rio Tocantins, com 14 bacias, apresenta uma área de 173.429,9 km², equivalente a 62,3% do território tocaninense (SEPLAN, 2005 e 2012).

Os principais rios que integram os dois sistemas hidrográficos são: Javaés, Formoso, Côco – sistema rio Araguaia; Parã, do Sono, Santa Tereza e Manuel Alves Grande – sistema rio Tocantins.

O Tocantins apresenta cinco regiões fitoecológicas distintas, mas com forte predomínio do Cerrado, que ocupa 244.359,9 km², representando 87,8% da área global do Estado. Os outros tipos de vegetação encontrados são: Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual (SEPLAN, 2012).

1.2.3 Caracterização geral do clima do Tocantins

Com relação à regionalização climática do Estado, a Seplan (2005), apresenta a classificação em três grandes ambientes: a) clima úmido (faixa contígua na parte ocidental do Estado, que abrange de sul a norte); b) clima úmido subúmido (faixa oriental do Estado, mais a região do Bico do Papagaio); e c) clima subúmido seco (porção leste do Estado).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima do estado do Tocantins, é considerado: Aw – tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno (SEAGRO, 2007a).

A temperatura do ar média anual apresenta uma variação entre 25 e 29 °C, e a precipitação média anual do Estado varia de 1.200 mm a 2.100 mm. O Estado caracteriza-se pela sazonalidade do regime pluviométrico, com acentuada quantidade de chuvas no verão (período chuvoso) e mínima quantidade de chuva no inverno (período seco), ressaltando que a estação da seca, pode ser marcada por estiagem que varia de 4 a 5 meses (SEPLAN, 2005).

1.2.4 Zoneamento agroclimático para a cultura da seringueira

Segundo Pereira; Angelocci; Sentelhas (2002), a elaboração de um zoneamento agroclimático para determinada cultura depende de algumas etapas fundamentais. Entre elas destacam-se o estudo das condições climáticas da região estudada com confecção de

mapas climáticos, o levantamento das faixas de aptidão climática da cultura a ser zoneada e a análise final, com a confecção de mapas finais de zoneamento.

Para a realização deste estudo agroclimático, utilizou-se o banco de dados mensais de precipitação e temperatura de 110 estações meteorológicas e pluviométricas (Figura 2) situadas na área de estudo e estados circunvizinhos, compreendidas entre os paralelos 4°30' e 13°30' Sul e meridianos 45°30' e 51°30' Oeste, provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Agência Nacional de Águas – ANA, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Tocantins – SEAGRO e Embrapa e organizados e tratados por Collicchio (2008).

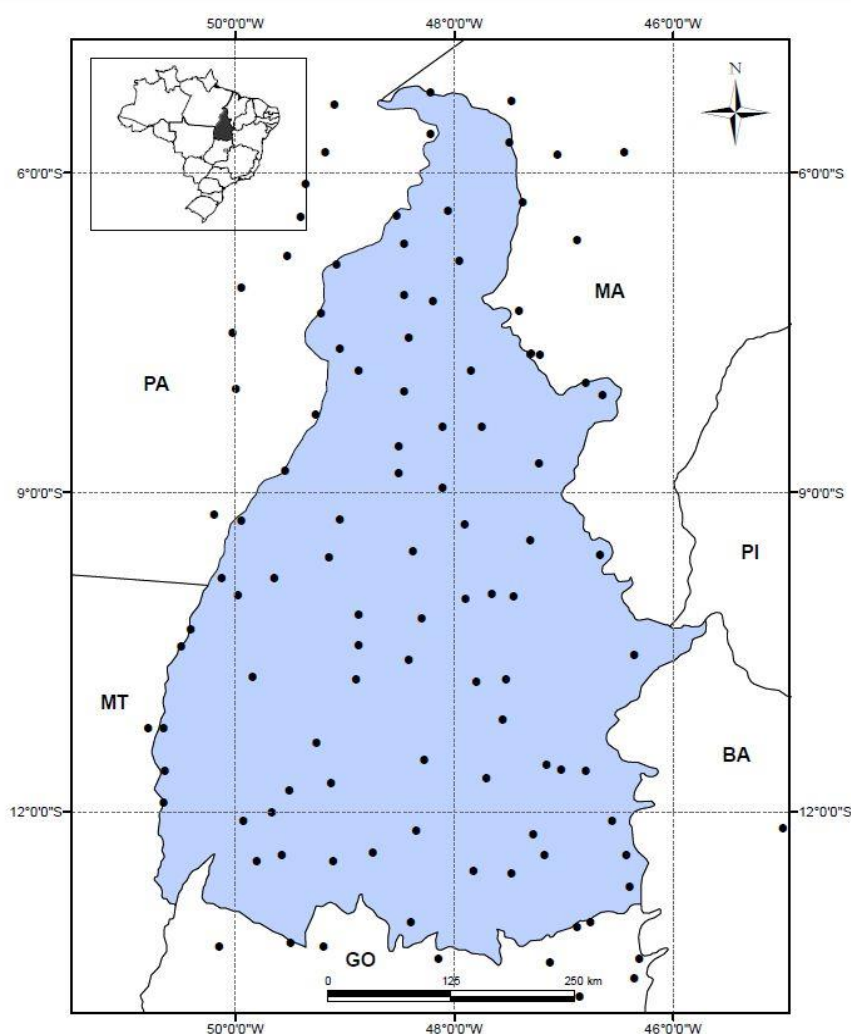


Figura 2 - Distribuição das estações meteorológicas e pluviométricas no estado do Tocantins e seu entorno
Fonte: Collicchio (2008, p. 47)

A partir da base de dados, utilizando as temperaturas médias e as precipitações mensais, realizou-se o cálculo do balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite-Mather (1955), o qual foi executado por meio de planilha eletrônica desenvolvida por

Pereira (2005), sendo adotada a capacidade de água disponível (CAD) de 125 mm (EMBRAPA, 2003; RIBEIRO, 2011).

Os resultados do balanço hídrico visando à espacialização dos resultados, associada à localização geográfica das respectivas estações meteorológicas, e à elaboração dos mapas finais foram feitos utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A partir da planilha eletrônica inserida no ambiente ArcGIS 9.3 (ESRI, Redlands, CA USA) e transformando-a em *shapefile*, foi realizada a interpolação dos dados, gerando três arquivos *raster*, correspondendo aos mapas de precipitação, temperatura e ao déficit hídrico.

O método utilizado foi a interpolação *Spline*, em que, ao invés de tirar a média de valores dos dados obtidos, a interpolação acomoda uma superfície flexível como se estivesse esticando uma folha ao longo de todos os valores de pontos conhecidos.

Os fatores térmicos e hídricos exigidos foram classificados de acordo com base em estudos desenvolvidos por Camargo; Marin; Carmargo (2003) para o Brasil, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de aptidão climática adotadas para a cultura da seringueira

Classe de Aptidão	Exigência Hídrica (mm)	Condições
APTA	$0 < Da < 300$	TMA $> 18^{\circ}\text{C}$; Tf entre 15°C a 20°C . Condições térmicas e hídricas adequadas à seringueira e impróprias à ocorrência do “mal-das-folhas”.
MARGINAL	$300 < Da < 500$	Tf $> 20^{\circ}\text{C}$. Alta deficiência hídrica. Indica-se o uso de solos profundos.
INAPTA	$Da > 500$	Deficiência hídrica excessiva.

TMA: Temperatura média anual; Tf: Temperatura média do mês mais frio

Fonte: adaptado de Camargo; Marin; Carmargo (2003)

Considerando as exigências climáticas da seringueira (*Hevea brasiliensis*), foi adotado, na execução do zoneamento agroclimático, apenas o fator de déficit hídrico (Da), pois o Estado apresenta aptidão térmica para a cultura. A partir do mapa de deficiência hídrica anual, delimitou-se as zonas ou classes de aptidão, para definir as áreas de exploração da cultura da seringueira no estado do Tocantins, classificando-as em: apta, marginal e inapta ao cultivo.

O cruzamento dos arquivos em formato *raster* foi realizado de acordo com o método de Nappo *et al.* (2005). Somente no arquivo *raster* pode-se realizar a multiplicação dos *grids*.

Em seguida, foram transformados para arquivos em formato *shapefile*, que auxilia na melhor visualização dos mapas e na quantificação das áreas.

O resumo das fases para a elaboração do zoneamento agroclimático da cultura para o Tocantins pode ser visualizado na figura 3.

A figura 3 apresenta todas as fases para realização do zoneamento agroclimático neste trabalho, contudo não se realizou o cruzamento com os mapas de temperatura, pois como visto anteriormente, o Estado apresenta aptidão térmica para a cultura ($TMA > 18^{\circ}C$), não havendo portanto, interferência deste parâmetro nos resultados das classes de aptidão.

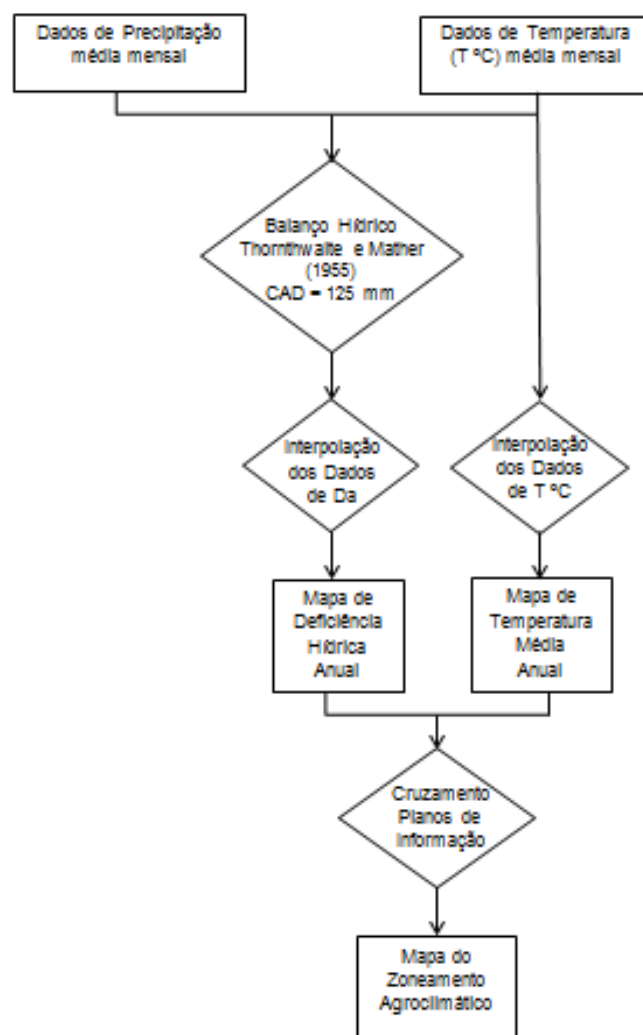


Figura 3 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do zoneamento agroclimático para a cultura da seringueira no Tocantins

Fonte: elaborado pela autora

1.2.5 Zoneamento edafoclimático da seringueira para o estado do Tocantins

A partir do arquivo em *shapefile* de pedologia disponibilizado pela Secretaria de Planejamento do Tocantins e da Base de Dados Geográficos atualizados (SEPLAN, 2012b), foi possível identificar os tipos de solo ocorrentes em cada município.

As classes de solos foram reclassificadas conforme as exigências agrícolas favoráveis, e que não apresentassem impedimentos ao desenvolvimento dos sistemas radiculares profundos, visando ao melhor desenvolvimento da cultura. Também foram cruzados com o mapa de classe de declividade de acordo com a base de dados da SEPLAN, resultando no mapa de aptidão edáfica natural do Tocantins apresentado na Figura 4.

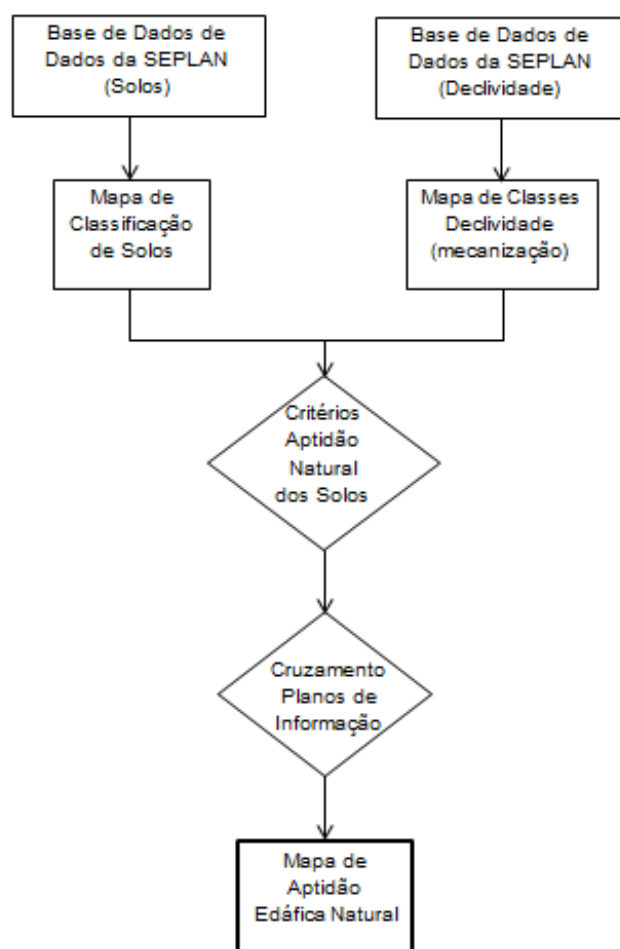


Figura 4 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do mapa de aptidão edáfica natural do Tocantins

Fonte: elaborado pela autora

Os parâmetros estabelecidos para o estudo do solo foram: fertilidade natural, profundidade, pedregosidade, drenagem e declividade, conforme Collicchio (2008). Verificando as características adequadas para cada tipo de solo, para cada classe foram atribuídos valores, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Valoração das unidades de solos no estado do Tocantins por meio da distribuição de pesos a cada classe e parâmetro

Tipo de Solo	Fertilidade	Peso	Profundidade	Peso	Pedregosidade	Peso	Drenagem	Peso
Afloramentos Rochosos	⁽³⁾ Baixa	1	⁽³⁾ Desfavorável	1	⁽¹⁾ Alta	1	⁽¹⁾ Deficiente	1
Cambissolos Háplicos	⁽²⁾ Média	2	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Boa	5
Dunas	⁽¹⁾ Baixa	1	⁽³⁾ Favorável	5	⁽³⁾ Baixa	5	⁽¹⁾ Excessiva	1
Plintossolos Pétricos	⁽²⁾ Baixa	1	⁽²⁾ Desfavorável	1	⁽²⁾ Alta	1	⁽²⁾ Boa	5
Plintossolos Argilúvicos	⁽²⁾ Média	2	⁽²⁾ Desfavorável	1	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Deficiente	1
Plintossolos Háplicos	⁽²⁾ Baixa	1	⁽²⁾ Desfavorável	1	⁽²⁾ Alta	1	⁽²⁾ Boa	5
Gleissolos Háplicos	⁽²⁾ Baixa	1	⁽²⁾ Desfavorável	1	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Deficiente	1
Latossolos Amarelos	⁽²⁾ Baixa	2	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Boa	5
Latossolos Vermelhos	⁽²⁾ Baixa	2	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Boa	5
Latossolos Vermelho - Amarelos	⁽²⁾ Baixa	2	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Boa	5
Chernossolos Argilúvicos	⁽³⁾ Alta	5	⁽¹⁾ Desfavorável	1	⁽³⁾ Baixa	5	⁽³⁾ Boa	5
Nitossolos Vermelhos	⁽³⁾ Baixa	1	⁽³⁾ Desfavorável	1	⁽³⁾ Baixa	5	⁽³⁾ Boa	5
Argissolos Amarelos	⁽²⁾ Baixa	2	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Boa	5
Argissolos Vermelhos	⁽²⁾⁽³⁾ Média	4	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Boa	5
Argissolos Vermelho - Amarelos	⁽²⁾ Baixa	2	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Boa	5
Neossolos Litólicos	⁽²⁾ Baixa	1	⁽²⁾ Desfavorável	1	⁽²⁾ Alta	1	⁽²⁾ Boa	5
Neossolos Quartzarênico	⁽²⁾ Baixa	1	⁽²⁾ Favorável	5	⁽²⁾ Baixa	5	⁽²⁾ Excessiva	1
Neossolos Flúvicos	⁽²⁾ Baixa	1	⁽²⁾ Favorável	5	⁽³⁾ Baixa	5	⁽³⁾ Excessiva	1
Planossolos Nátricos	⁽³⁾ Alta	5	⁽³⁾ Favorável	5	⁽³⁾ Média	3	⁽³⁾ Deficiente	1
Planossolos Háplicos	⁽³⁾ Alta	5	⁽³⁾ Favorável	5	⁽³⁾ Média	3	⁽³⁾ Deficiente	1
Luvissolos Háplicos	⁽³⁾ Alta	5	⁽³⁾ Desfavorável	1	⁽³⁾ Baixa	5	⁽³⁾ Boa	5

Fonte: Souza (2014)⁽¹⁾, Filho (2011)⁽²⁾, Collicchio (2008)⁽³⁾, Embrapa Solos (2012).

Alguns critérios analisados para fertilidade natural, tais como a saturação por base (%), foram retirados do relatório da SEPLAN (2004), calculando a média do Horizonte B para cada solo. Exemplo, o solo Latossolo vermelho (LV) apresentou cinco amostras;

LV1=82, LV2=43, LV3=19, LV4=20 LV5=41, somando todas e dividindo pelo número de amostras, obteve-se a saturação por base 41%.

Fez-se a valoração de pesos para os parâmetros estabelecidos em relação ao estudo do solo, reclassificando cada parâmetro da seguinte forma: baixa = 1 e alta = 5 e as médias variaram de 2 a 4, como pode-se conferir no Quadro 1.

Utilizando o arquivo de declividade, em formato *shapefile* disponibilizado pela SEPLAN (2012b), este foi adaptado para as classes de declividade ordenadas por Ranieri; Barreto; Klug (2007) e Dematê (2008), e organizados por Collicchio (2008), para uma nova reclassificação, como podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Reclassificação da declividade visando à mecanização agrícola

Classes	SEPLAN	Declives (%)	Nota
Facilmente Mecanizável	A	0 ÷ 5	5
Mecanizável	B, AB, BA	5 ÷ 12	4
Moderadamente Mecanizável	C, BC, CB	12 ÷ 18	3
Não Mecanizável	D, DC, CD, E, F	> 18	1

Fonte: adaptado da SEPLAN (2012) apud Collicchio (2008)

Para a realização do zoneamento edafoclimático, também utilizou-se o método de Nappo *et al.* (2005). Após obter os arquivos em formato *raster* (fertilidade natural, pedregosidade, profundidade, drenagem e declividade), realizou-se a multiplicação dos *grids*. Consequentemente, o zoneamento edafoclimático para a cultura da seringueira foi resultante do cruzamento do zoneamento agroclimático com o mapa de aptidão edáfica natural do Estado (Figura 5).

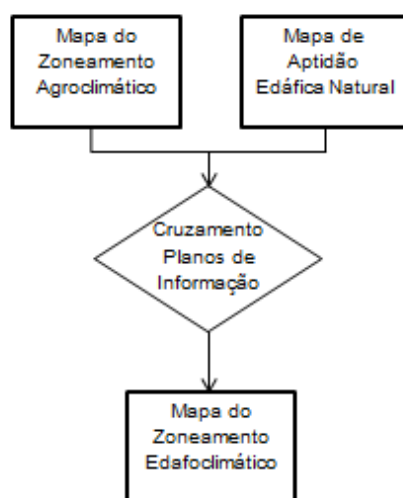


Figura 5 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do zoneamento edafoclimático da seringueira para o Tocantins

Fonte: elaborado pela autora

1.2.6 Zoneamento edafoclimático e ambiental e identificação de regiões potenciais para o cultivo da seringueira

O estudo do potencial de desenvolvimento da cultura da seringueira no estado do Tocantins foi fundamentado na análise das condições edafoclimáticas e em consonância com o Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE do estado do Tocantins (SEPLAN, 2005).

O ZEE tem como objetivos principais: apoiar o governo do Estado no processo de formulação de políticas públicas e tomada de decisão; subsidiar a elaboração de planos, programas e projetos de desenvolvimento econômico e social sustentáveis; recomendar áreas para produção, conservação e preservação ambiental considerando a capacidade de suporte das paisagens e ordenando o processo de ocupação das terras do Tocantins (SEPLAN, 2000).

Os planos de informação referentes à potencialidade de uso das terras ou áreas com restrições naturais e áreas legalmente protegidas (áreas de unidades de conservação e reservas indígenas existentes) foram obtidos na base de dados geográficos digital georreferenciado da Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico – DZE da SEPLAN (2007).

Para a confecção do mapa das áreas legalmente protegidas, não se consideraram as áreas de proteção ambiental – APAs, pois, segundo a lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei n. 9.995 de Julho de 2000), são permitidas nessas áreas atividades econômicas, desde que sejam consideradas ambientalmente sustentáveis.

As atividades de identificação de áreas sem restrição para o uso no Estado, obedeceram às etapas indicadas no fluxograma apresentado na Figura 6.

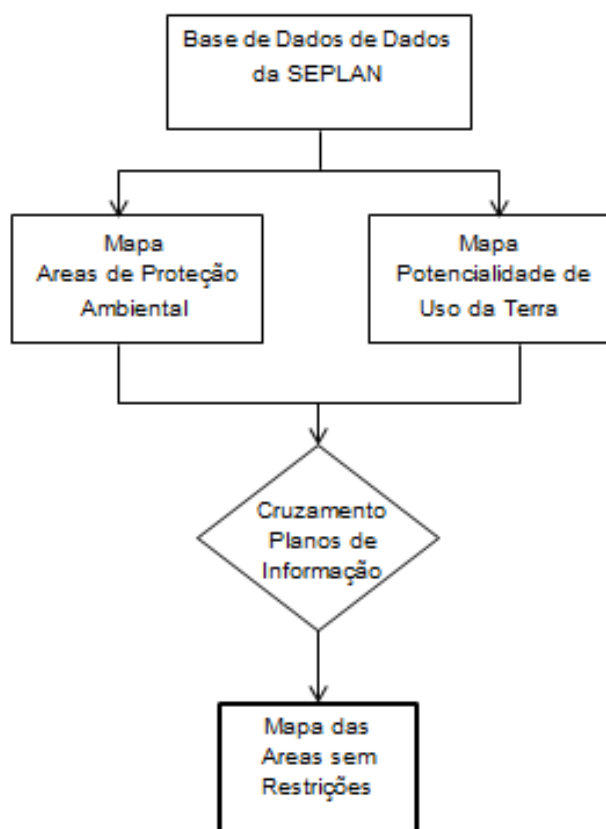


Figura 6 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do mapa das áreas sem restrição para o uso no Tocantins

Fonte: elaborado pela autora

Como pode ser observado na Figura 7, foram realizadas três etapas para a realização do zoneamento edafoclimático e ambiental da seringueira para o estado do Tocantins.

Etapa 1: referiu-se à obtenção do mapa de aptidão agroclimática para a cultura, conforme descrito anteriormente no item 1.2.4.

Etapa 2: foi gerado o mapa referente ao zoneamento edáfico (aptidão edáfica natural) do Estado, conforme descrito no item 1.3.3.

Etapa 3: elaboração do mapa que mostra as áreas sem restrições legais ou naturais para o cultivo, considerando os mapas: a) áreas legalmente protegidas de uso legal restrito e potenciais para conservação ambiental e indígenas; b) áreas com restrições naturais ou com potencialidades do uso das terras.

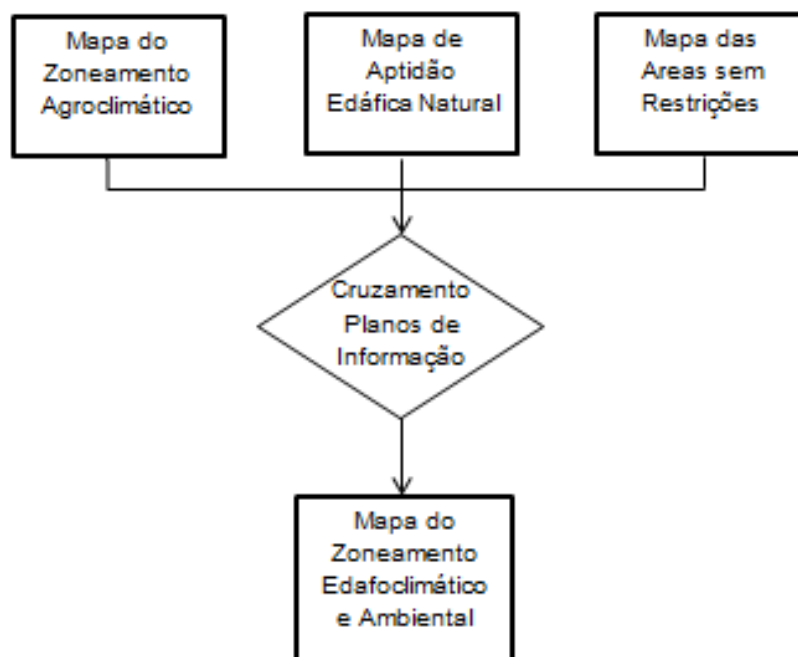


Figura 7 - Fluxograma das etapas necessárias para a realização do zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura da seringueira no Tocantins

Fonte: elaborado pela autora

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Zoneamento agroclimático da seringueira

Os mapas básicos do relevo, temperatura média do ar e da precipitação anual do estado do Tocantins estão apresentados na Figura 8.

A maioria do território tocantinense apresenta relevo suave, com declividade inferior a 5%, fazendo com que o Estado tenha alta aptidão ao cultivo agrícola mecanizado.

De acordo com o modelo de elevação digital utilizado, a altitude varia de 60 a 1223 m. As regiões com predominância de áreas inclinadas e montanhosas ocorrem no sul, sudeste e leste do Estado, mas também se estendem de sudeste para o centro e do centro para o norte (Figura 8 b).

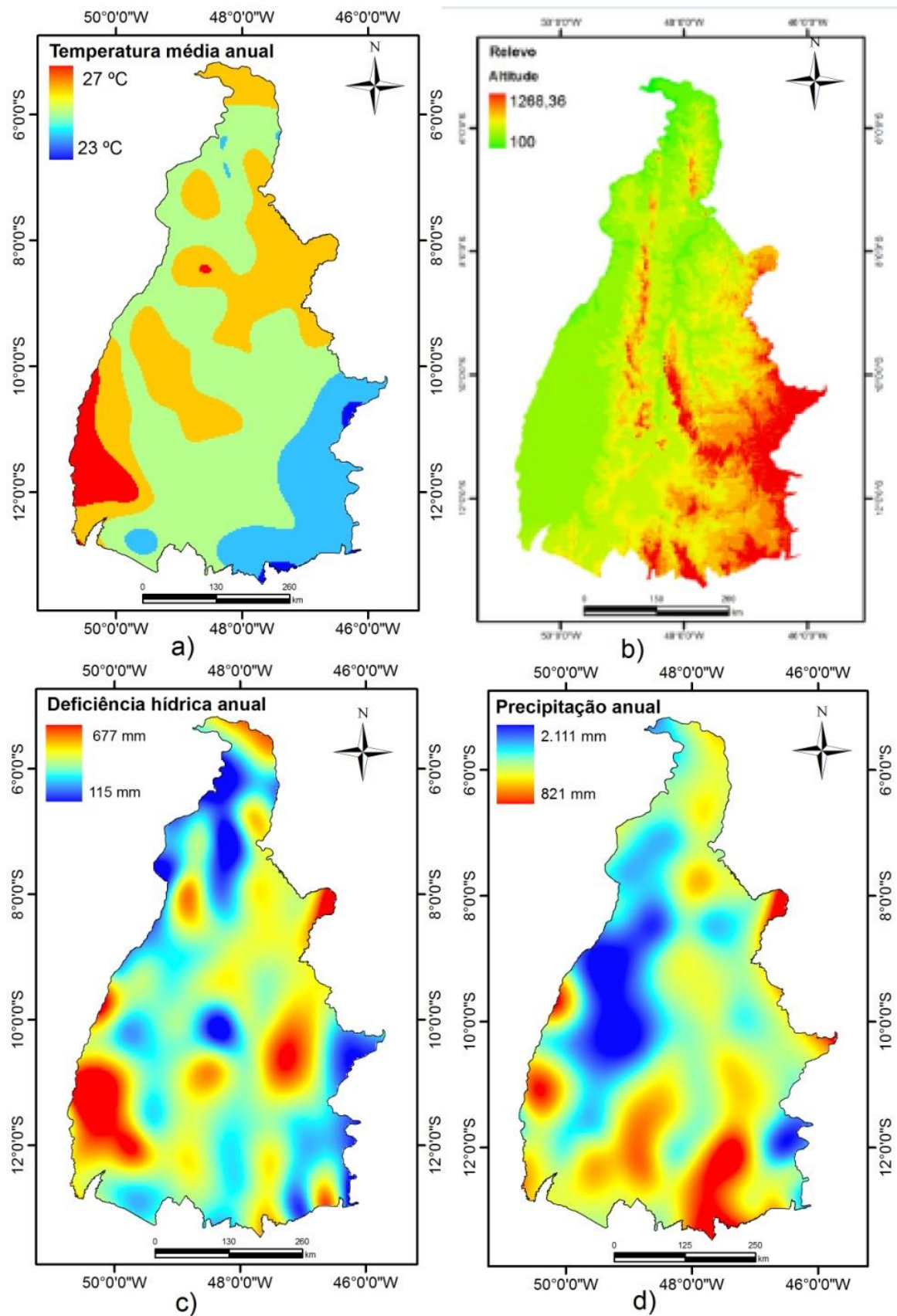


Figura 8 - (a) Temperatura do ar média anual ($^{\circ}\text{C}$), (b) Relevo (c) Déficit hídrico e (d) Precipitação média anual (mm) no estado do Tocantins

Fonte: elaborado pela autora

A temperatura média anual do Tocantins é de aproximadamente 25° C, variando de aproximadamente 23° C a 27° C, e apresenta uma amplitude térmica próxima de 4° C (Figura 8 a). Nota-se que as maiores temperaturas ocorrem na região sudoeste do Estado, onde também se apresentam os maiores valores de déficit hídrico na faixa de 115 a 677 mm (Figura 8 c). Isso demonstra que quanto maior a temperatura maior o déficit hídrico do solo, pois quanto maior a disponibilidade de radiação solar, maior a temperatura média, aumentando o potencial de evapotranspiração do sistema solo-planta-atmosfera (PINHEIRO *et al.*, 2002).

Essa faixa de temperatura do Tocantins favorece o desenvolvimento da cultura da seringueira. Segundo Trindade (1982); Gasparotto (1988), a seringueira desenvolve-se melhor em temperaturas médias anuais maiores ou iguais a 20 °C, e os limites térmicos mais favoráveis à fotossíntese estão entre 27 °C e 30 °C. Para o fluxo de látex, o intervalo entre 18 °C e 28 °C é o mais indicado. A seringueira é suscetível a temperaturas baixas, principalmente na fase jovem, e, em regiões onde a temperatura é igual ou inferior a 16 °C, o crescimento da planta é nulo. salienta que a temperatura não constitui fator restritivo da produção de látex em região de clima tropical.

A precipitação média anual no estado do Tocantins é de aproximadamente 1635 mm, com uma variação aproximada de 821 a 2111 mm (Figura 9).

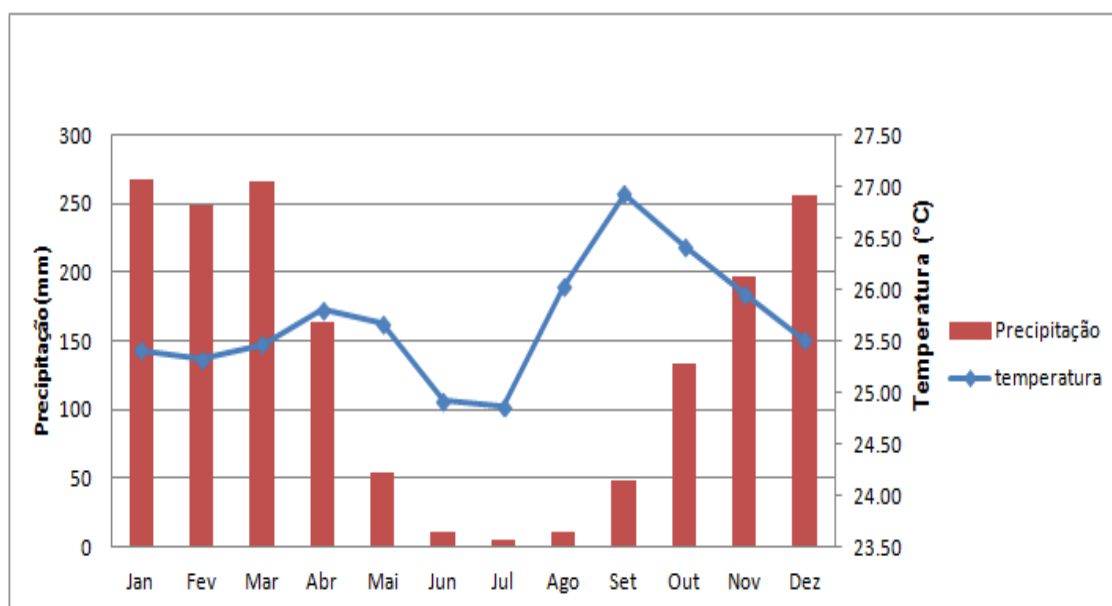


Figura 9 - Médias mensais de temperatura (°C) e precipitação (mm) de três regiões do Tocantins
Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com a Figura 9, os meses que atingem temperaturas médias mais baixas ocorrem em junho e julho (24,9 e 24,7 °C), coincidindo com os meses mais secos, e a temperatura mais elevada é registrada em setembro, com 27,1°C.

Mais de 90% do total de chuvas acumuladas durante o ano ocorrem normalmente no período de outubro a abril, sendo mais chuvoso no trimestre referente aos meses de janeiro a março, correspondendo a 47% do total anual.

A estação da seca varia de 3 a 6 meses, no entanto, considerando precipitações mensais inferiores a 50 mm, o Estado apresenta em média 5 meses de seca, que inicia no mês de maio e finaliza em setembro, retratando bem a sazonalidade (Figura 9).

O mês de janeiro se caracteriza por ser o mais chuvoso (253 mm), e julho o mais seco (3 mm).

O mal-das-folhas ataca o seringueira durante a troca anual de folhas, que ocorre normalmente entre os meses de maio a agosto. Por isso, é importante que a região tenha clima seco durante esse período, com médias mensais de umidade relativa do ar inferior a 65%, essencial para evitar a doença (CAMARGO; MARIN; CAMARGO, 2003).

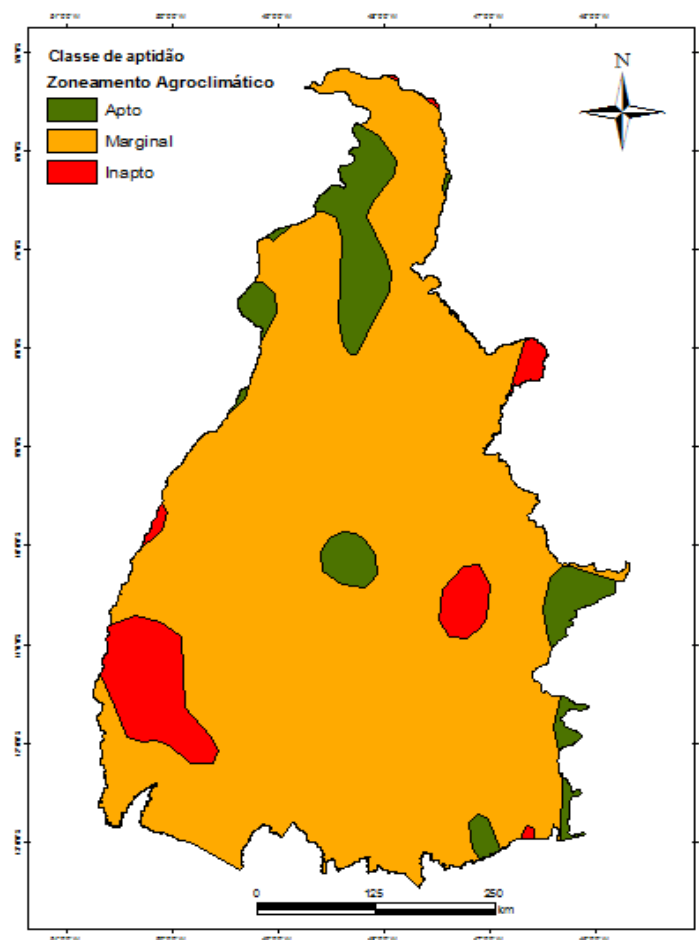


Figura 10 - Zoneamento agroclimático para a seringueira no estado do Tocantins
Fonte: elaborado pela autora

A Figura 10 apresenta o mapa do zoneamento agroclimático da seringueira para o estado do Tocantins, e a Tabela 4 as áreas de classes de aptidão climáticas obtidas a partir do cruzamento do déficit hídrico e as faixas de exigências da cultura.

Tabela 4 - Áreas de aptidão climática para a implantação da seringueira no estado do Tocantins

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Inapta	19.844,70	7,15
Marginal	233.094,61	83,96
Apta	24.680,68	8,89
TOTAL	277.620,00	100,00

Fonte: elaborado pela autora

Foram estabelecidas três classes de aptidão para o Estado, distribuídas da seguinte forma (Tabela 3): Classe "apta", representou aproximadamente 24.680,68 km² (8,89%), "marginal" por carência hídrica, o equivalente a 233.094,61 km² (83,96%), e "inapta" devido à insuficiência hídrica, correspondeu a aproximadamente 19.844,70 km² (7,15 %).

Segundo a Figura 10, pode-se observar que apenas 8,89% de área do Estado representa aptidão climática plena para o desenvolvimento da cultura. Essa área está localizada principalmente na região norte, envolvendo os municípios de Ananás, Riachinho, São Bento do Tocantins, Xambioá, Piraqui e parte de Araguaína, Araguanã, Babaçulândia, Nova Olinda, Pau D'Arco, Arapoema e Santa Fé do Araguaia; e na região central do Estado, pegando os municípios de Palmas e parte de Porto Nacional, Lajeado, Miracema do Tocantins, Aparecida do Rio Negro e Santa Tereza do Tocantins; e na região leste em parte do município de Lavandeira, Aurora do Tocantins, Ponte Alta do Bom Jesus, Novo Jardim e Mateiros; e na região sul em parte do município de Arraias.

A maior parte do Estado, 83,96 %, apresenta área "marginal", em que o fator hídrico limita o desenvolvimento da cultura, mas isso pode ser minimizado com a utilização de técnicas de manejo como irrigação.

O Tocantins apresentou uma pequena área "inapta" (8,89 %), por insuficiência hídrica à cultura ($D_a > 500$ mm), a qual encontra-se distribuída nas regiões: a) sudoeste nos municípios da Lagoa da Confusão e Formoso do Araguaia e Pium; b) na região nordeste do Estado, numa pequena parte do município de Campos Lindos; c) na região sudeste do Estado, em parte dos municípios Ponte Alta do Tocantins, Lagoa do Tocantins, Novo Acordo; e d) na região sul, que atinge uma pequena área do município de Arraias.

Segundo Rao *et al.* (1990), na condição de elevada deficiência hídrica, a redução do turgor dos vasos laticíferos diminui a produção de látex, e a cultura pode tornar-se economicamente inviável.

Camargo apud Ohashi *et al.* (1983) fixou inicialmente a tolerância máxima de 150 mm de deficiência hídrica anual, acima da qual a seringueira não produziria economicamente.

Entretanto existem dados que demonstram a adaptação dessa cultura em regiões com deficiência superior a esse limite, como o Camboja, com o déficit hídrico de 350mm (MORAES, 1977), além do Vietnã, Tailândia e Sumatra, onde são obtidas produções de látex, a despeito da existência de quatro e seis meses secos (GHELTSEN apud Reis, 1974).

No Brasil, são conhecidos seringais que apresentam bons níveis de produção, mesmo com baixa disponibilidade hídrica, no Norte e Noroeste do estado de São Paulo, Açailândia no Maranhão, Capitão Poço no Pará e o seringal João Cleophas (Marco Zero) no estado do Amapá (EMBRATER/EMBRAPA, 1980; ORTOLANI, 1980; PINHEIRO, 1981).

Com relação à seringueira, poucos trabalhos existem procurando avaliar a resposta dessa cultura ao déficit hídrico (CONCEIÇÃO *et al.*, 1986). Estudos desenvolvidos por Rocha Neto *et al.* (1983) indicaram que plantas jovens originadas de polinização aberta do clone IAN 873 apresentaram menor tolerância ao déficit hídrico.

A restrição da abertura estomática é uma das principais respostas ao déficit hídrico (CHAVES *et al.*, 2002; TEZARA *et al.*, 2002), e tende a começar em horário cada vez mais cedo, à medida que o déficit progride (CHAVES *et al.*, 2002).

De acordo com Krishna *et al.* (1991), a transpiração cuticular da seringueira é muito grande e por isso pode haver uma redução maior na taxa fotossintética do que na taxa de transpiração, a despeito das quedas na condutância estomática. Souza *et al.* (2005) assinalam que, sob restrição da condutância estomática, há uma regulação para baixo no aparato fotoquímico, a fim de manter a assimilação de CO₂, mesmo sob condições de estresse. Assim, há uma otimização da assimilação de carbono com relação ao suprimento hídrico disponível (CHAVES *et al.*, 2002).

Foi observado, também por Conceição *et al.* (1985), que o potencial da água na folha dessa cultura decresce linearmente com a diminuição do potencial da água no solo, da mesma maneira que a taxa fotossintética e a condutância estomática.

Quanto à condição hídrica, Mendes *et al.* (1992) demonstram que a cultura é capaz de suportar elevada deficiência hídrica, pela presença de duas regiões de concentração

radicular, uma superficial e outra profunda, com volume apreciável de raízes abaixo de 120 cm, chegando aos 270 cm ou mais. Isso garante o suprimento de água nas épocas mais secas e sustenta boas produções de látex, mesmo com deficiência hídrica ao redor de 300mm (EMBRAPA, 1980; ORTOLANI *et al.*, 1980, 1982, 1983; PINHEIRO, 1981).

Assim sendo, o conhecimento da variabilidade espacial desses elementos é indispensável para estudos de caracterização da disponibilidade hídrica de uma região, caracterização de secas, planejamento de melhores épocas de semeadura e zoneamento agroclimáticos, servindo de base para a elaboração de políticas públicas para o setor agrícola e florestal.

1.3.2 Ocorrência de classes de solos no Tocantins

De acordo com o mapa de solos adaptado da SEPLAN (2007), as classes de solo que ocorrem no Estado são: latossolos, argissolos, neossolos, cambissolos, gleissolos, plintossolos, chernossolos, luvisolos, nitossolos, dunas e planossolos (Figura 11).

A seguir, estão descritas cada classe de solo, sua ocorrência no Estado e suas principais características relacionadas com os fatores limitantes ao uso agrícola.

Afloramentos rochosos: os afloramentos de rochas não são classificados como classes de solo, ou seja, são materiais originais e não formações pedológicas (NASCIMENTO *et al.*, 2006). Isso se deve por representarem terrenos com exposições de diferentes rochas, desde mais brandas até fragmentos rochosos (EMBRAPA, 2009).

Latossolos: os latossolos são solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (EMBRAPA, 2006). O horizonte B latossólico é um horizonte mineral subsuperficial, cujos constituintes evidenciam avançado estágio de intemperização. Em geral, é constituído por quantidades variáveis de oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio, minerais de argila 1:1, quartzo e outros minerais mais resistentes ao intemperismo, podendo haver a predominância de quaisquer desses materiais.

Considerando as propriedades físicas desses solos, eles são considerados profundos, apresentando normalmente textura média, argilosa, ou muito argilosa com baixo gradiente textural entre a camada arável (horizonte A) e abaixo dela (horizonte B), e são facilmente mecanizáveis. Devido a suas características morfológicas e ao relevo em que se encontram, esses solos possuem boa drenagem (PRADO, 2007).

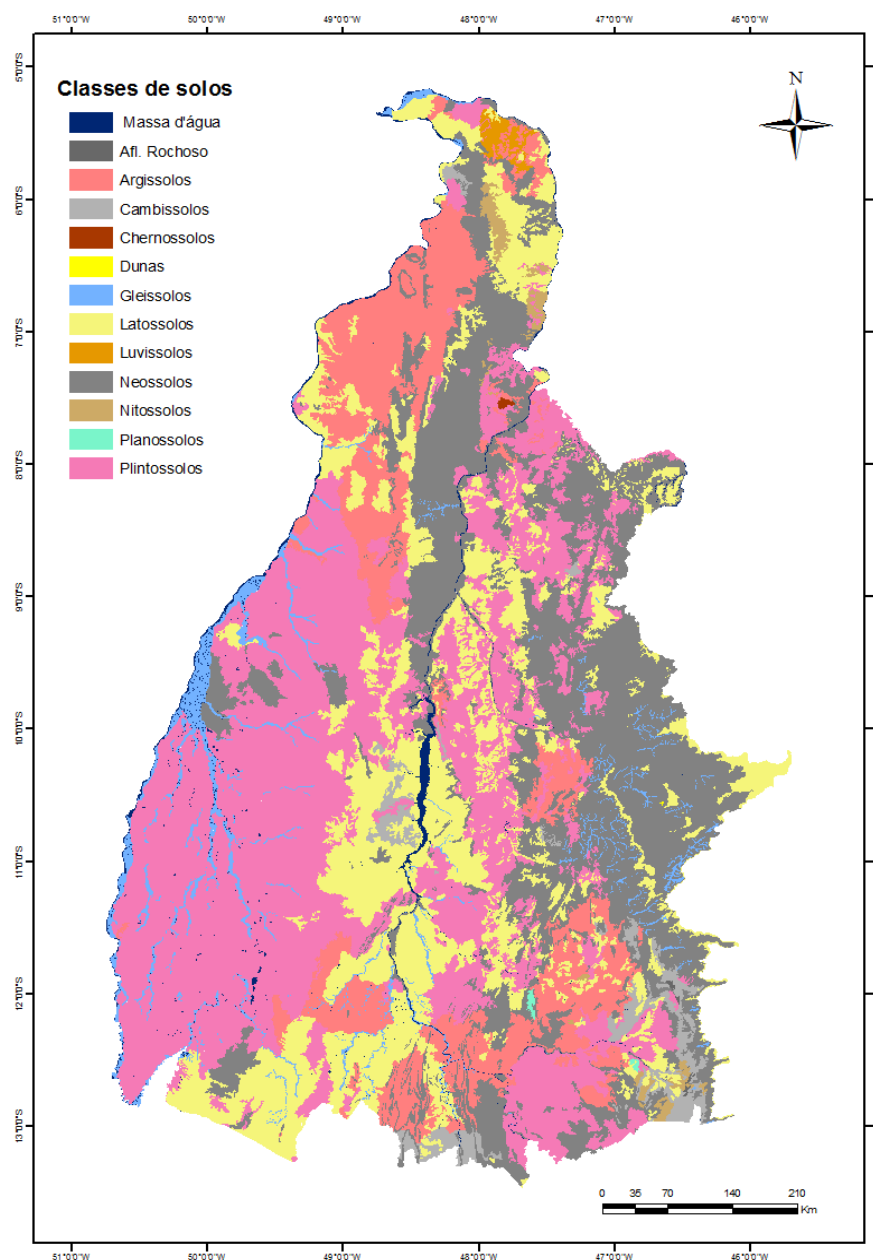


Figura 11 - Classificação dos solos do Tocantins
 Fonte: adaptado da SEPLAN (2007)

Esses solos representam grande parte dos solos tropicais e são a principal limitação à baixa fertilidade natural associado à elevada acidez, mas que, com práticas adequadas de manejo, possibilitam a expansão agrícola em áreas de cerrado.

As áreas de latossolos no Estado correspondem a cerca de 18,83%, estando distribuídas de norte a sul do Tocantins (Quadro 2). Esses solos são característicos das áreas de vegetação de cerrado, ocupando extensas áreas na região central do Brasil, podendo ser, também, observados em áreas sob floresta. Em sua maioria, estão localizados

em relevo cuja declividade é igual ou inferior a 5%, sendo considerando plano e, dessa forma, com baixo potencial de erodibilidade (SEPLAN, 2005).

O uso desses solos no estado do Tocantins é realizado de forma intensiva e predominantemente com atividades agropecuárias mais tecnificadas, como a plantação de culturas de ciclos curto e longo. Além disso, são encontradas extensas áreas de pastagens, algumas em estágio de degradação (SEPLAN, 2005).

Neossolos: são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral, ou por material orgânico, com espessura menor do que 20 cm, e não apresentam qualquer tipo de horizonte diagnóstico (EMBRAPA, 2006).

Os neossolos são solos com sequência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade. Apresentam textura de areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico e drenagem excessiva. São essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo (EMBRAPA, 2006).

Os valores de matéria orgânica são baixos, mesmo no horizonte A, diminuindo ainda mais no horizonte C (PRADO, 2007).

Ao contrário dos latossolos, o uso da terra nesses tipos de solos é de baixa intensidade para produção, predominando a atividade pecuária extensiva e algumas áreas com silvicultura. Além disso, algumas regiões com esse tipo de solo apresentam limitações de uso, devido à restrição legal por pertencerem a unidades de conservação ambiental, especialmente na região do Jalapão (SEPLAN, 2005).

Argissolos: solos minerais, não hidromórficos, com drenagem rápida no horizonte A e lenta no horizonte B. Apresentam alto gradiente textural entre horizontes A e B, com presença de horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou alta, conjugada com saturação por bases baixas (EMBRAPA, 2006; PRADO, 2007). São encontrados em praticamente todo o território, não sendo observados, nessa escala, na região centro-oeste do Estado. Ocupam aproximadamente 10,1% da área do Tocantins e estão localizados em regiões fitoecológicas de floresta (noroeste) e de cerrado.

Esses solos localizados na região sudeste apresentam declives suaves (inferiores a 15%) e baixa erodibilidade potencial. Porém, nas demais regiões onde se encontram distribuídos, o relevo é variável, sendo observados declives entre 5 e 30%, e erodibilidade classificada de ligeira a forte (SEPLAN, 2005).

O uso principal da terra nesses tipos de solos refere-se à pecuária mais tecnificada e/ou culturas de ciclo curto e longo (SEPLAN, 2005).

Gleissolos: são solos constituídos por material mineral com horizonte glei, iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou mesmo abaixo do horizonte hístico. Não apresentam horizonte vértico ou B textural, nem outro tipo de horizonte B diagnóstico acima ou coincidente com o horizonte glei, ou textura exclusivamente de areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. Caso ocorra horizonte plântico, deve ocorrer a mais de 200 cm de profundidade desde a superfície (EMBRAPA, 2006; PRADO, 2007).

Em síntese, o horizonte glei é considerado mineral, com espessura mínima de 15 cm, com menos de 15 % de plintita e é saturado com água por influência do lençol freático durante algum período ou o ano todo, a não ser que tenha sido artificialmente drenado, apresentando evidências de processos de redução, com ou sem segregação de ferro (EMBRAPA, 2006).

As áreas com gleissolos no Estado são de apenas 5,1 %, sendo distribuídos amplamente pelo território. As maiores áreas com esse tipo de solo encontram-se nas regiões centro, sul, extremo norte e principalmente a oeste (Planície do Araguaia).

O relevo que domina nessas áreas apresenta declividade suave ($< 5\%$), com potencial de erodibilidade classificada como especial, uma vez que os solos dessa classe são imperfeitamente drenados, com nível do lençol freático normalmente elevado e sujeitos a eventuais inundações (SEPLAN, 2005).

Apresentam alta limitação natural para uso, sendo indicadas para áreas de conservação da biodiversidade, a exemplo do Parque Estadual do Cantão (SEPLAN, 2005). Entretanto, devido às condições favoráveis do relevo e à elevada disponibilidade de água, existem grandes áreas com cultivo de arroz irrigado na Planície do Araguaia ou Vale do Javaés, onde os níveis dos rios se elevam bastante.

Porém, por ser um sistema frágil, os riscos de provocar impactos ambientais são muito elevados, o que exige muita atenção no manejo dessas áreas.

Cambissolos: são solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta (EMBRAPA, 2006; PRADO, 2007).

Esses solos não são hidromórficos, sendo considerados bem drenados (textura argilosa ou muito argilosa) ou fortemente drenados (textura média). É o tipo de solo com

menor ocorrência no Tocantins (1,5% da área) e está localizado predominantemente na região sudeste.

A principal característica desse solo é que são poucos intemperizados, o que é indicado pela presença de minerais primários. Assim como os neossolos litólicos, esse solo é considerado pouco desenvolvido e encontra-se em relevo que varia desde suave ($\leq 5\%$) até em áreas fortemente inclinadas (15-30%), à medida que se aproxima da divisa com o estado da Bahia.

Nesse caso, o potencial de erodibilidade varia de moderada a muito forte, tendo em vista o relevo acidentado e algumas situações em que os solos são rasos (SEPLAN, 2005).

As atividades predominantes nesse tipo de solo são a pecuária intensiva e o cultivo de culturas de ciclo curto e longo, quando o relevo regional favorece (SEPLAN, 2005).

Devido ao baixo grau de intemperismo, esses solos podem ser eutróficos, apresentando uma fertilidade natural média, o que torna uma característica interessante para condução de projetos agrícolas.

Plintossolos: são solos minerais que apresentam horizonte plântico ou litoplântico ou concrecionário, começando nos 40 cm da superfície, ou dentro de 200 cm desde a superfície, quando precedidos de horizonte glei, ou imediatamente abaixo dos horizontes A ou E, ou de outro horizonte que apresente cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante (EMBRAPA, 2006; PRADO, 2007). Os plintossolos são descritos no segundo nível categórico como sendo pétricos, argilúvicos e háplicos. No estado do Tocantins, considerando o grau de detalhamento dos trabalhos realizados até o momento, os plintossolos pétricos encontram-se em associação com os plintossolos háplicos (outros solos com horizonte plântico que não se enquadram nas classes anteriores). Por definição, os plintossolos são solos com horizonte concrecionário ou horizonte litoplântico (EMBRAPA, 2006).

O horizonte concrecionário é constituído de 50% ou mais, por volume, de material grosseiro, com predomínio de petroplintita, do tipo nódulos ou concreções de ferro ou de ferro e alumínio, em uma matriz terrosa de textura variada ou matriz de material mais grosseiro, identificado como horizonte Ac, Ec, Bc ou Cc. O horizonte concrecionário, para ser diagnóstico, deve apresentar no mínimo 30 cm de espessura. Já o horizonte litoplântico é constituído por petroplintita contínua ou praticamente contínua, e deve ter uma espessura de 10 cm ou mais. Esse horizonte pode englobar uma seção do perfil muito fraturada, mas deve existir predomínio de blocos de petroplintita com tamanho mínimo de 20 cm, ou as

fendas que aparecem são poucas e separadas umas das outras por 10 cm ou mais. Constitui-se em um sério impedimento para penetração das raízes e da água.

Ocorrem em extensão significativa do Estado, correspondendo a 22,8% da sua área com distribuição em todo o território, sob vegetação de cerrado, não sendo comumente encontrado nas regiões sudeste, leste, noroeste e extremo norte (Figura 23). A maior parte desses solos está localizada em relevo cuja declividade é igual ou inferior a 5%, com predominância de áreas com declives suaves, onde a erosão hídrica não deve oferecer problemas. Porém, em algumas regiões, a declividade pode ser superior a 15%, nesse caso poderão ocorrer sérios problemas de erosão quando mal manejados (SEPLAN, 2005).

Esses solos são ocupados predominantemente por pastagens plantadas e/ou naturais, que refletem em áreas com atividades de pecuária extensiva e semi-intensiva.

Uma pequena porção é também utilizada para cultivo de culturas de ciclo curto e longo (SEPLAN, 2005).

Predomina a baixa intensidade de uso desses solos, e a oeste (entorno da Ilha do Bananal) o seu uso é de média intensidade; ao sul do Estado, são utilizados de forma intensiva (Figura 26).

Chernossolos: são solos de pequena e mediana espessura, que se caracterizam pela presença de um horizonte superficial A do tipo chernozêmico (teores consideráveis de matéria orgânica, cores escurecidas e boa fertilidade), sobre horizontes subsuperficiais avermelhados ou escurecidos com argila de alta atividade. Ocorrem em várias regiões do Brasil, mas têm concentração expressiva na região da Campanha Gaúcha (Ebânicos), onde são utilizados com pasto e lavouras. No restante do Brasil, ocorrem relativamente dispersos (Argilúvicos), ou em pequenas concentrações no Mato Grosso do Sul (Serra da Bodoquena) e Rio Grande do Norte (Rêndzicos).

Luvisolos: são solos de profundidade mediana, com cores desde vermelhas a acinzentadas, horizonte B textural ou nítico abaixo de horizonte A fraco, moderado ou horizonte E, argila de atividade alta e alta saturação por bases. Geralmente apresentam razoável diferenciação entre os horizontes superficiais e os subsuperficiais. A mineralogia das argilas condiciona certo fendilhamento em alguns perfis nos períodos secos. São de moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraíveis baixos ou nulos e valores da relação Ki elevados (de 2,4 a 4,0), denotando presença expressiva de argilominerais do tipo 2:1.

Distribuem-se por boa parte do território brasileiro, com maior expressividade em regiões como o semiárido nordestino (antigos Bruno Não-Cálcicos) Região Sul (antigos

Podzólicos Bruno Acinzentados eutróficos) e mesmo na região Amazônica, estado do Acre (antigos Podzólicos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros eutróficos com argila de atividade alta).

Nitossolos: trata-se de uma ordem recém-criada, caracterizada pela presença de um horizonte B nítico, que é um horizonte subsuperficial com moderado ou forte desenvolvimento estrutural do tipo prismas ou blocos e com a superfície dos agregados reluzentes, devido à cerosidade ou superfícies de compressão. Têm textura argilosa ou muito argilosa e a diferença textural é inexpressiva. São, em geral, moderadamente ácidos a ácidos com saturação por bases baixa a alta, com composição caulínítico-oxídica, em sua maioria com argila de atividade baixa, ou com atividade alta ($> 20\text{cmolc.kg}^{-1}$) associado a caráter aluminico.

Os nitossolos vermelhos (Terras Roxas Estruturadas e Terras Roxas Estruturadas Similares) têm ocorrência em praticamente todo o País, sendo muito expressivos em terras da bacia platina, que se estende desde o Rio Grande do Sul até Goiás (região sudoeste), além de terras no norte de Goiás, norte do Tocantins, sul do Maranhão, e algumas ocorrências no Mato Grosso (Juína e Salto do Céu) e Pará (Oriximiná, Alenquer e Altamira), entre outras.


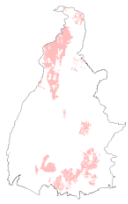

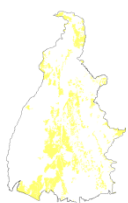

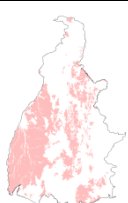
Os brunos (Terras Brunas Estruturadas e Terras Brunas Estruturadas Similares), por sua vez, são mais restritos às regiões altas do sul do País, com pequena ocorrência também na região de Poços de Caldas-MG.


Planossolos: compreendem solos minerais, imperfeitamente ou maldrenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo por vezes um horizonte “pã”, que é responsável pela detenção do lençol d’água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano. Podem apresentar qualquer tipo de horizonte A, horizonte E, nem sempre horizonte E alábico, seguidos de horizonte B plânico, tendo sequência de horizontes A, AB, ou A, E (alábico ou não) ou Eg, seguidos de Bt, Btg, Btm ou Btmg.

No Quadro 2, estão separadas as classes de solos, com suas respectivas subclasses existentes no Tocantins, bem como suas localizações, como também a porcentagem em área de cada classe e suas subclasses.

Nesse quadro, pode-se observar que, em termos de quantidade de área, as principais classes de solos existentes no Tocantins são: plintossolos (33,96%), neossolos (24,43 %), latossolos (18,83%) e argissolos (12,60%).

Quadro 2 - Classes e subclasses dos solos e a localização no estado do Tocantins

Classes de Solos	Subclasses de Solos	Área (ha)	Área (%)	Figuras
Planossolos	Planossolos Nátricos Planossolos Hápicos	1.165,37	0,42	
Argissolos	Argissolos Amarelo Argissolos Vermelho Argissolos Vermelho- Amarelo	3.4976,78	12,60	
Gleissolos	Gleissolos Hápicos	8.768,27	3,16	
Latossolos	Latossolo Amarelo Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho- Amarelo	5.2270,99	18,83	
Neossolos	Neossolos Litólicos Neossolos Quartzarênicos Neossolos Flúvicos	6.7813,96	24,43	
Plintossolos	Plintossolos Pétricos Plintossolos Argilúvicos Plintossolos Hápicos	9.4270,97	33,96	

Massa d'água	-----	3.943,76	1,42	
TOTAL		277.620,00	100,00	

Fonte: elaborado pela autora

1.3.3 Zoneamento edáfico do Tocantins

Na Figura 12, estão representadas as condições edáficas naturais do estado do Tocantins, mostrando os mapas de fertilidade natural, profundidades, drenagem e declividade.

A fertilidade natural dos solos do Tocantins, de forma geral, é considerada “baixa”, com presença de algumas manchas, classificadas como “média” (regiões centro, oeste, sul, sul e sudeste) e “alta” (no extremo norte do Estado), conforme pode ser observado na Figura 12 a.

Nos solos tocantinenses, há uma predominância de baixa pedregosidade, porém existe uma porção significativa dos solos na região oeste (solos plintosos) e em uma região que se estende do sul para o norte-nordeste do Estado (Figura 12 b).

Há um predomínio de solos favoráveis quanto à profundidade, contudo também existem solos com profundidade desfavorável, os quais, de forma geral, coincidem com o mapa de pedregosidade (Figuras 12 b e 12 c).

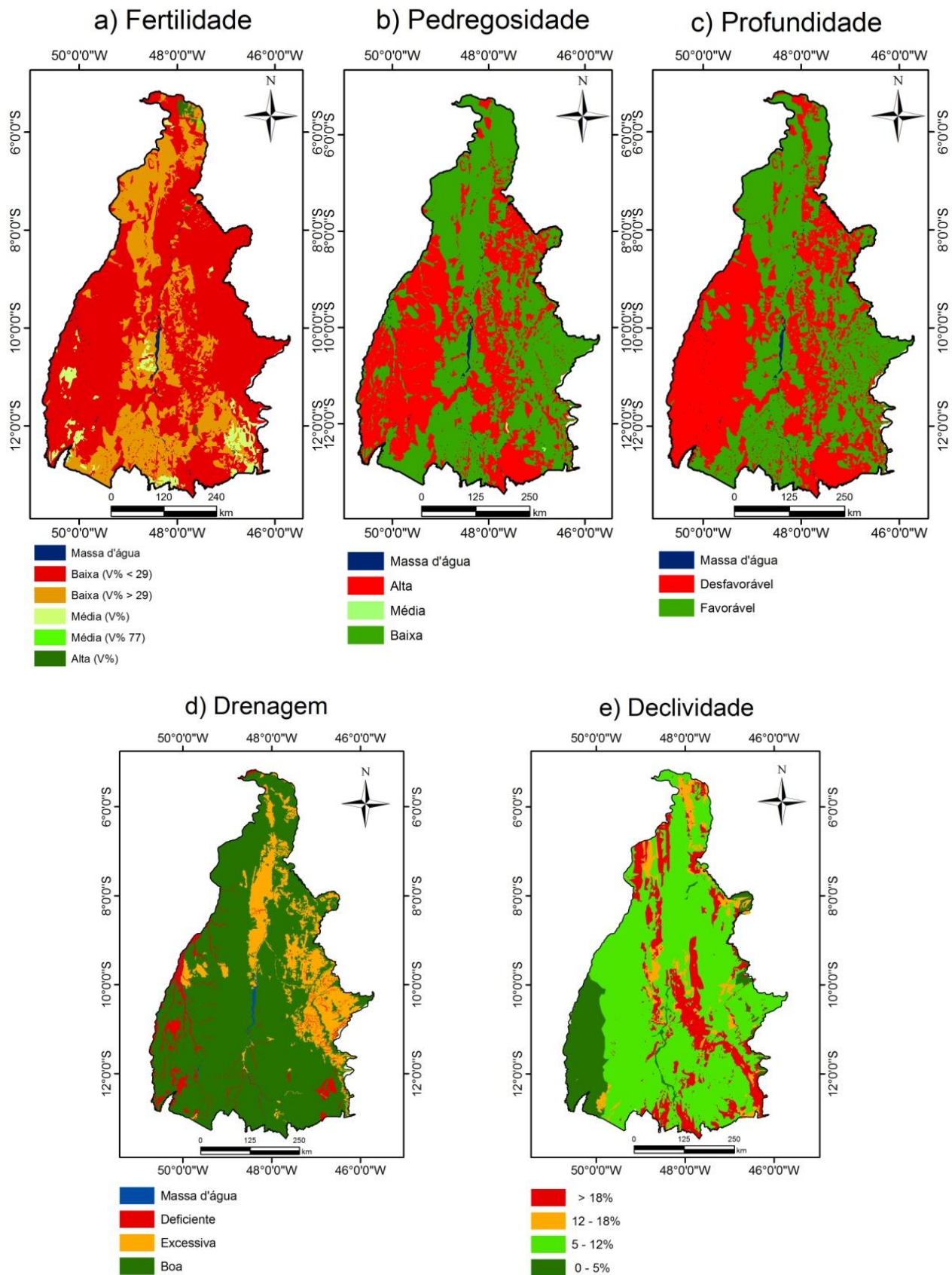


Figura 12 - Condições naturais do Tocantins: a) Fertilidade; b) Pedregosidade; c) Profundidade; d) Drenagem; e) Declividade

Fonte: elaborado pela autora

O Tocantins apresenta solos com boa drenagem, em sua maioria, mas existem também solos com drenagem excessiva, como solos neossolos e em menor proporção, solos com drenagem deficiente, normalmente localizados em áreas especiais, onde normalmente não são agricultáveis (Figura 12 d).

De acordo com Collichio (2008), a maioria do território tocantinense apresenta relevo suave, com declividade inferior a 5%, fazendo com que o Estado tenha uma aptidão ao cultivo mecanizado. O mesmo autor, utilizando o modelo de elevação digital, verificou que a altitude no Estado varia de 60 a 1223 m, e as regiões com predominância de áreas inclinadas e montanhosas ocorrem ao sul, sudeste e leste do Estado, mas também se estendem para o centro e do centro para o norte, e que pode ser confirmado pela figura 12e.

A partir do arquivo em *shapelite* de pedologia oriundo do SEPLAN (2012a), foi reclassificado cada tipo de solo em relação aos parâmetros estudados, os quais estão apresentados na Figura 13.

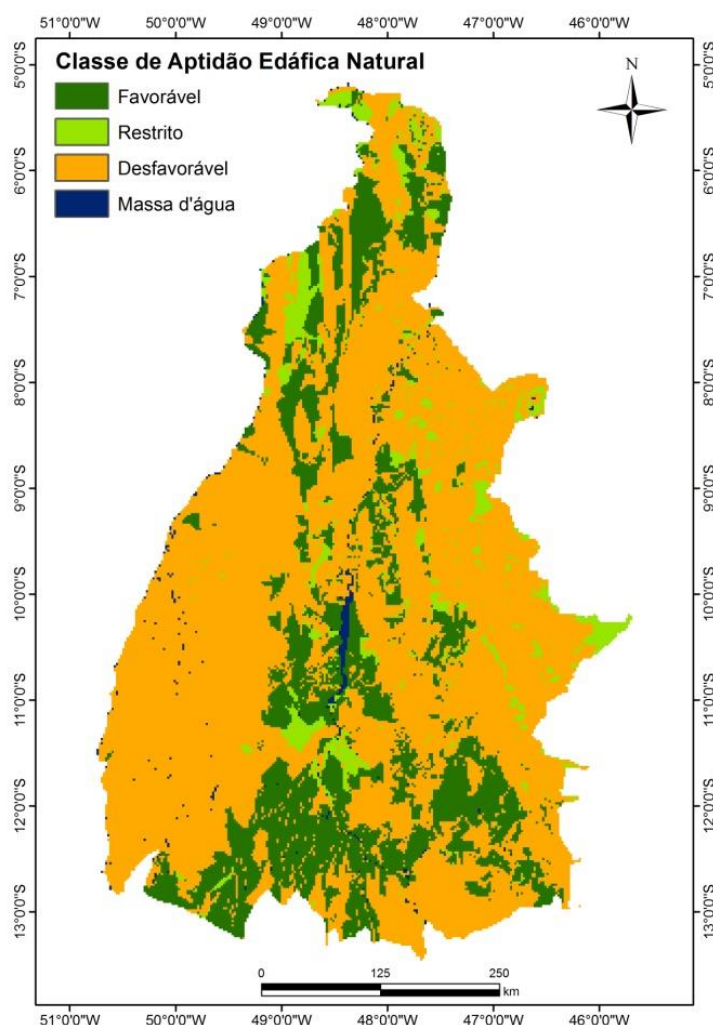


Figura 13 - Zoneamento edáfico do estado do Tocantins
Fonte: elaborado pela autora

O resultado do cruzamento dos parâmetros de solos, fertilidade natural, profundidade, pedregosidade, drenagem e declividade já reclassificados apresentaram uma grande variabilidade, conforme a Figura 13.

As regiões que apresentam a cor verde escura são aquelas com aptidão edáfica natural favorável, e as com a coloração vermelha representam a aptidão edáfica desfavorável.

Com base no Quadro1 e na Tabela 3 apresentados, foram distribuídas aos resultados do cruzamento, a seguinte classificação quanto às classes de aptidão: a) "desfavorável" para valores < 375 ; b) "restrita" entre 375 e < 750 ; e c) "favorável" para valores > 750 .

Percebe-se que as regiões mais favoráveis à produção agrícola (aptidão edáfica "restrita" e aptidão edáfica "favorável") e que não encontram impedimentos legais e naturais ocorrem em menor proporção no Estado, concentrando-se basicamente ao centro, uma porção de faixa na região noroeste e uma porção ao sul do Estado.

A faixa de aptidão "desfavorável" constitui-se na maior parte do Estado, com 70,53%, o que corresponde a uma área de 188.699,15 km². Em relação à aptidão edáfica "favorável", verifica-se uma área de 22,77%, equivalente a 63.554,19 km². Já a faixa de aptidão edáfica "restrita" mostrou-se em menor proporção, ou seja, 5,88% (19.294,06 km²), segundo a Tabela 5.

Tabela 5 - Áreas de aptidão edáfica natural para a implantação da seringueira no estado do Tocantins

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Massa d'água	6.072,60	0,83
Desfavorável	188.699,15	70,53
Restrito	19.294,06	5,88
Favorável	63.554,19	22,77
TOTAL	277.620,00	100,00

Fonte: elaborado pela autora

1.3.4 Zoneamento edafoclimático da seringueira para o Tocantins

Utilizando os resultados de aptidão agroclimática e realizando a sobreposição com as classes do mapa de zoneamento edáfico natural, obteve-se o mapa de zoneamento edafoclimático para a cultura da seringueira, como pode ser observado na Figura 14.

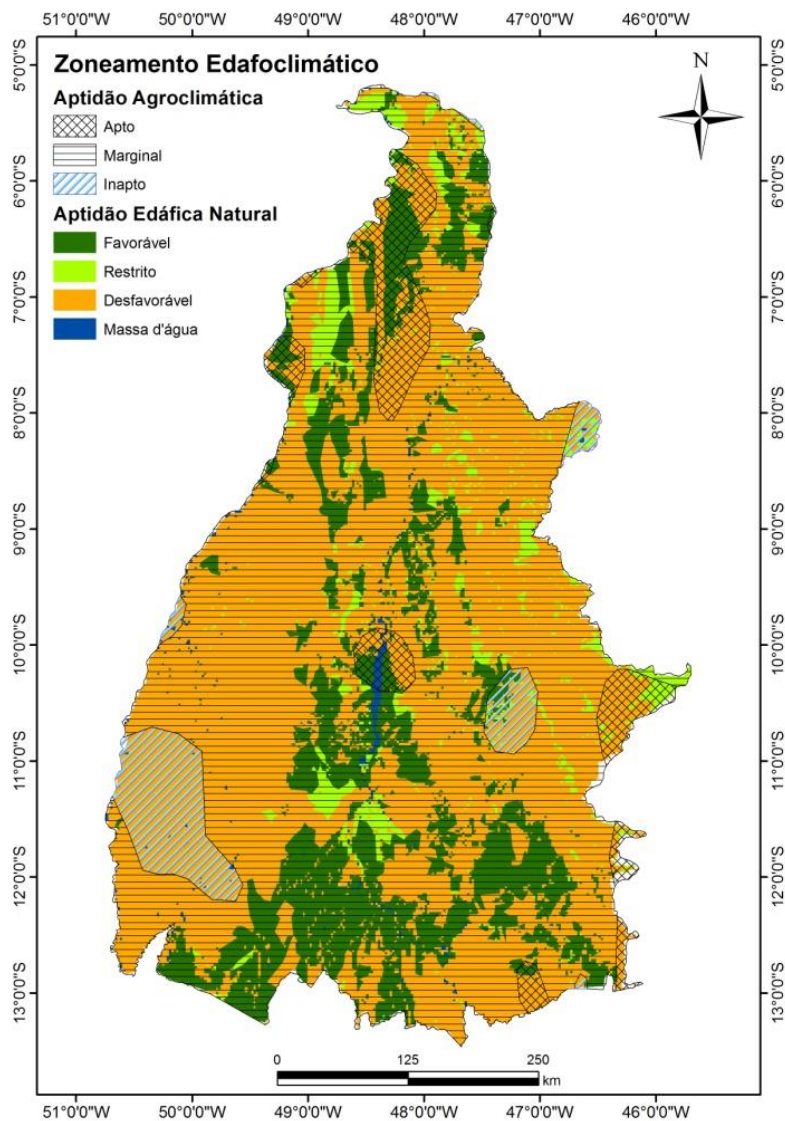


Figura 14 - Zoneamento edafoclimático da seringueira no estado do Tocantins
 Fonte: elaborado pela autora

Pode-se observar que a grande maioria das áreas do Tocantins apresentou ser "inaptas" para o cultivo da seringueira, sendo que as áreas inaptas quanto ao clima e desfavoráveis com relação ao solo, corresponderam a cerca de 68% da área do Estado.

Apenas 6,76% foram consideradas na classe "restrita" (clima marginal e solo restrito), e 23% foram "aptas" à implantação da seringueira, ou seja apresentaram clima apto e solo favorável.

Tabela 6 - Áreas de aptidão edafoclimática para a implantação da seringueira no estado do Tocantins

Classes de aptidão	Área (km ²)	Área (%)
Clima apto + solos favoráveis	7.129,67	2,57
Clima apto + solos restritos	2.794,78	1,01
Clima apto + solos desfavoráveis	13.924,54	5,02
Clima marginal + solos favoráveis	55.012,40	19,82
Clima marginal + solos restritos	14.391,68	5,18
Clima marginal + solos desfavoráveis	160.737,43	57,90
Clima inapto + solos favoráveis	2.257,06	0,81
Clima inapto + solos restritos	2.258,00	0,81
Clima inapto + solos desfavoráveis	15.559,13	5,60
Massa d'água	3.555,33	1,28
TOTAL	277.620,00	100,00

Fonte: elaborado pela autora

Em estudo realizado por Cunha *et al.* (2000), foi observado um melhor comportamento do seringal nos latossolos, quando comparados aos podzólicos, que apresentam uma forte restrição mecânica à penetração das raízes, porosidade globalmente reduzida e drenagem interna muito deficiente. Os resultados obtidos pelos autores ressaltam que a seringueira é uma planta exigente com relação às propriedades físicas do solo, requerendo solos profundos, porosos, bem drenados, de textura argilosa e com boa retenção de umidade. As condições físico-hídricas são de extrema importância, considerando que a planta necessita retirar do solo uma grande quantidade de água para suportar a produção de látex, que chega a conter 68% de água.

A seringueira pode ser considerada uma das poucas plantas cultivadas com baixa exigência do ponto de vista edáfico. Segundo Falesi (1978), o importante para a cultura é o que o solo tenha boas propriedades físicas, como: perfil profundo, boa aeração, boa estrutura. O plantio deve ser feito preferencialmente em áreas com topografia plana ou ligeiramente ondulada, evitando-se terrenos de baixadas com lençol freático superficial (inferior a 1,5m).

No Brasil, a seringueira vem sendo cultivada em diferentes tipos de solo. No Amazonas por exemplo, ocupa áreas de Laterita Hidromórficas e Latossolo Amarelo texturas média e muito argilosa, Concrecionário Laterítico, Latossolo Amarelo Húmico Antropogênico, Terra Roxa Estruturada Eutrófica e Areias Quartzosas (Brasil, 1971a).

No estado de São Paulo, os seringais são também conduzidos nos mais variados tipos de solos, sendo os mais importantes os podzolizados e os latossolos, ocupando desde a região litorânea até o planalto. No Planalto Paulista (Pindamonhangaba), os plantios

ocorrem em Latossolo Vermelho Amarelo em solos Podzólicos e, em Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa (BRASIL, 1970).

No noroeste do Paraná, a cultura começa a ser implantada ocupando principalmente a região do Arenito Caiuá, margeando a fronteira com o estado de São Paulo em áreas de Latossolo Vermelho Escuro e em Podzólico Vermelho Amarelo textura média, geralmente distróficos.

Grande parte do estado do Tocantins, segundo dados de IBGE (2005), é composta predominantemente por latossolos, que possuem características que favorecem o desenvolvimento da seringueira.

1.3.5 Identificação de áreas sem restrições legais ou naturais para o cultivo

Conforme apresentado anteriormente, considerou-se como áreas indisponíveis às atividades agrícolas, as áreas de unidade de conservação, reservas indígenas, reservas legais, áreas com restrições naturais, que originalmente eram ou são florestas, regiões com morros e montanhas e áreas especiais de produção no Vale do Javaés (Figura 15a).

As áreas sem restrições legais ou naturais disponíveis no Estado para o cultivo agrícola, inclusive possivelmente para a seringueira, estão apresentadas na Figura 15b.

A área referente ao conjunto dessas restrições atinge 33,92% (94.180,52 km²) do território tocantinense. Já as áreas potenciais disponíveis para produção no Estado, sem considerar as limitações edafoclimáticas, representam 66,08% do total (183.439,48 km²), segundo a Tabela 7.

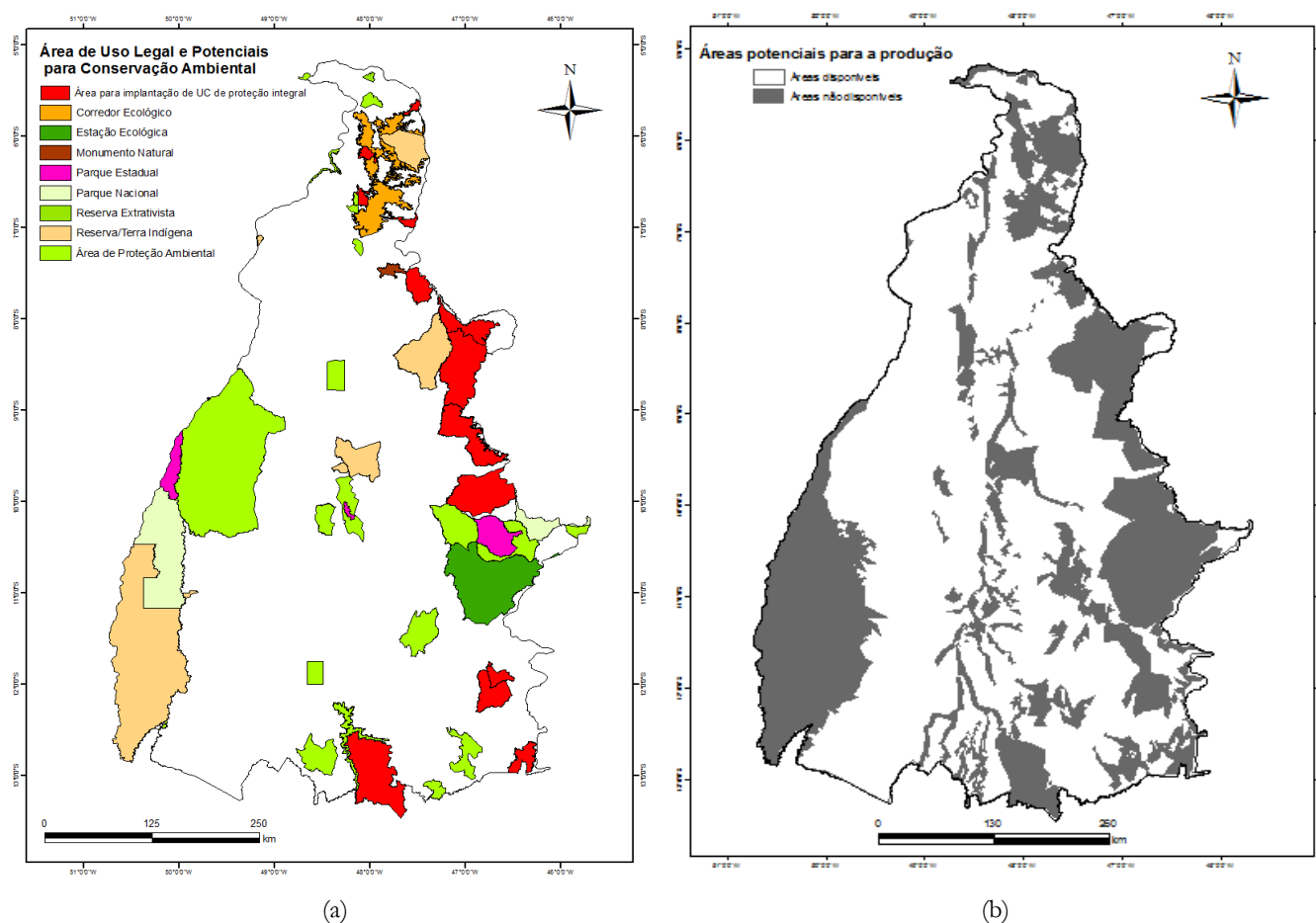


Figura 15 - (a) Áreas de uso legal e potencial para a conservação ambiental e (b) Áreas disponíveis sem restrições legais ou naturais para possível produção da seringueira no estado do Tocantins
Fonte: adaptado da SEPLAN (2007)

Tabela 7 - Áreas disponíveis e indisponíveis, quanto aos aspectos legais e/ou naturais para possível produção agrícola no estado do Tocantins

Tipos de áreas	Área (km ²)	Área (%)
Áreas não disponíveis	94.180,52	33,92
Áreas disponíveis	183.439,48	66,08
TOTAL	277.620,00	100,00

Fonte: elaborado pela autora

Para realizar a identificação de áreas sem restrições legais ou naturais para potenciais uso à produção agrícola, inclusive da seringueira, são em caráter de macroescala. Deve-se portanto considerar apenas as áreas onde já existem uso agropecuário, a fim de evitar a incorporação de novas áreas ao processo produtivo, que exijam o desmatamento.

1.3.6 Zoneamento edafoclimático e ambiental para o cultivo da seringueira no estado do Tocantins

O cruzamento dos resultados dos parâmetros agroclimáticos para a cultura, com os edáficos e os ambientais, gerou o zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura da seringueira no Tocantins (Figura 16).

As regiões hachuradas em forma de grade são consideradas "aptas" quanto ao clima e associadas a coloração verde escura (solos favoráveis), correspondem a melhor situação de cultivo da seringueira, que equivale a uma área total de 5.969,28 km² (2,15 %) (Tabela 8).

Uma outra possibilidade de cultivo da seringueira, seria na condição de clima "apto" (regiões hachuradas em grade), associado a solos "restritos" (cor verde claro), uma vez que poderia-se realizar manejos adequados do solo para torná-los viáveis ao cultivo. Nessa condição tem-se apenas 0,70 % da área, o equivalente a 1.952,75 km².

Há também a opção do cultivo da seringueira, considerando o clima "marginal" (hachurado na horizontal) e solos "favoráveis", contudo nesta condição seria necessário maior investimento financeiro em sistemas de irrigação, para tornar o plantio produtivo. Nesse caso a área existente seria de 46.757,94 km², que corresponde a 46,38 % da área disponível.

Percebe-se que a maior parte do Tocantins apresenta áreas que possuem clima "marginal" associado a ocorrência de solos "desfavoráveis" (cor amarela), atingindo uma extensão de 103.638,91 km², o equivalente a 37,33 % da área total agricultável (Tabela 8).

Observa-se que a maior porção da região onde é considerada "inapta" climatologicamente, localiza-se em regiões que apresentam restrições quanto a realização de atividades agropecuárias, como é o caso da região sudoeste do Estado, que abrangem parte dos municípios de Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia e Pium, fazem parte de um Parque Nacional e de uma reserva indígena, na Ilha do Bananal e Parque Estadual (Figura 17).

As áreas representadas pela coloração branca, são aquelas que apresentam restrições legais ou naturais ao uso, correspondendo a uma área total de 33,92 % (94.180,52 km²).

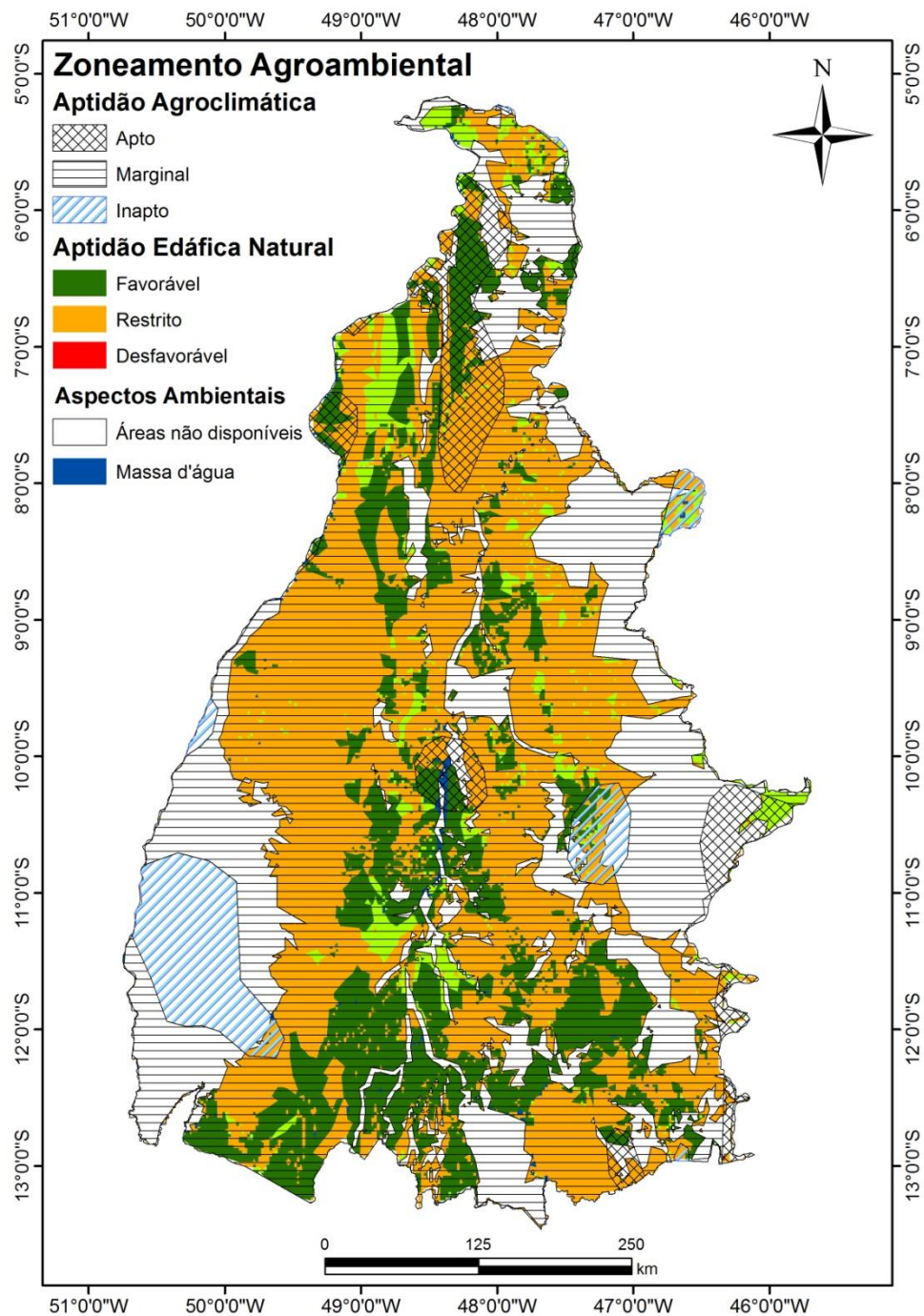


Figura 16 - Zoneamento edafoclimático e ambiental da seringueira no estado do Tocantins
 Fonte: elaborado pela autora

Tabela 8 - Condições de aptidão edofoclimática e restrições legais e/ou naturais para implantação da seringueira no estado do Tocantins

Condições de aptidão	Área (km ²)	Área (%)
Com restrições ao uso	94.180,52	33,92
Clima "apto" e solos favoráveis	5.969,28	2,15
Clima "apto" e solos restritos	1.952,75	0,70
Clima "marginal" e solos favoráveis	46.757,94	16,84
Outras condições	128.759,50	46,38
TOTAL	277.620,00	100,00

Fonte: elaborado pela autora

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização deste estudo, que buscou identificar a aptidão edafoclimática e ambiental para o cultivo da seringueira no estado do Tocantins, observou-se que não haverá restrição térmica para o seu cultivo nas condições do clima atual.

No entanto, devido às elevadas deficiências hídricas obtidas, para que a cultura tenha um desenvolvimento adequado e obtenha boa produtividade, será necessário, de forma geral, utilizar irrigação na estação da seca nos primeiros anos da planta.

A área de solos favoráveis ao cultivo da seringueira é significativa, sendo distribuída de norte a sul do Estado, contudo as áreas de classe climática "apta", considerada favorável é pequena, concentrando-se na parte central e norte do Tocantins.

Com a tendência de expansão da cultura no Estado devido a uma demanda crescente do País e no mundo, o zoneamento edafoclimático e ambiental para a seringueira poderá auxiliar nas iniciativas de empreendedores que pretendem investir no Tocantins. Isso porque, por meio do zoneamento, os interessados nessa cultura poderão escolher a localização mais adequada à instalação do empreendimento, haverá subsídios aos estudos científicos da seringueira e poderão ser traçadas políticas públicas para a expansão da cultura.

Ressalta-se que os parâmetros utilizados neste estudo foram realizados com base nas exigências climáticas da espécie, sem considerar possíveis interferências como o uso de irrigação, e que esses resultados são considerados válidos caso sejam mantidas as atuais características genéticas e fisiológicas da espécie em estudo, utilizada no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABRAF. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF. 2013, 148 p.
- ALMEIDA, H. A.; SANTANA, S. O.; SÁ, D. F. **Zoneamento edafo-climático para a seringueira do Sudeste da Bahia, com enfoque na incidência do mal-dasfolhas**. v. 17. Bahia: Revista Theobroma, 1987.
- BRASIL. **Superintendência da Borracha**. Solos e clima para a seringueira. Heveicultura no Brasil. Brasília: Relatório do GEPLASE, 1970.
- CAMARGO, A. P. **Aptidão climática para heveicultura no Brasil**. Ecosistema. v. 1. Campinas: EMBRAPA, 1976.
- _____. **Balanco hídrico no Estado de São Paulo**. 4. ed. São Paulo Boletim Instituto Agrônômico de Campinas, 1971.
- _____. **Clima do cerrado**. Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo: EDUSP, 1963.
- _____. **Possibilidades climáticas da cultura da seringueira em São Paulo**. v. 11. São Paulo: O Agrônomo, 1959.
- CAMARGO, A. P.; ALFONSI, R. R.; PINTO CHIARINI, J. V. **Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado**. Brasília: IV Simpósio sobre cerrado, 1977.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: EMBRAPA, 2003, 19 p. (Documentos 24)
- CAMPANHARO, W. A.; CECÍLIO, R. A.; SPERANDIO, H. V.; JÚNIOR, W. C. J.; PEZZOPANE, J. E. M. **Potencial impacto das mudanças climáticas sobre o zoneamento agroclimático para a seringueira no Espírito Santo**. v. 39, n. 89. Piracicaba: Scientia Floresstalis, 2008.
- CARMO, C. A. F. S. *et al.* **Estimativa do estoque de carbono na biomassa de clones de seringueira em solos da Zona da Mata/MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.
- CECÍLIO, R. A.; MEDEIROS, S. S.; SILVA JUNIOR, J. L. C.; SOUZA, J. A. **Zoneamento agroclimático para a heveicultura na parte leste do estado da Bahia**. v. 7. Bahia: Bahia Agrícola, 2006.
- CHAVES, M. M. *et al.* **How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth**. v. 89, n. 2-3. London: Annals of Botany, 2002.
- COLLICCHIO, E. **Zoneamento agroclimático e ambiental para a cultura da cana-de-açúcar e as implicações das mudanças climáticas no estado do Tocantins**. 2008. 156 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 2008.

CONCEIÇÃO, H. E. O. da; OLIVA, M. A.; LOPES, N. F. **Resistência à seca em seringueira II**. Crescimento e partição de assimilados em clones submetidos a déficit hídrico. v. 21, n. 2. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1986.

CONCEIÇÃO, H. E. O. da; OLIVA, M. A.; LOPES, N. F.; ROCHA NETO, O. G. **Resistência à seca em seringueira I**. Balanço hídrico e produção primária em seis clones submetidos a déficit. v. 20, n. 9. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1985.

CUNHA, T. J. F.; BLANCANEUX, P.; CALDERANO FILHO, B.; CARMO, C. A. F. de S. do; GARCIA, N. C. P.; LIMA, E. M. B. **Influência da diferenciação pedológica no desenvolvimento da seringueira no município de Oratórios, MG**. v. 35, n. 1. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2000.

DEMATTE, J. A. Sistema de avaliação do uso da terra. In: _____. **Caracterização e espacialização do meio físico, como base para o planejamento do uso da terra**. Piracicaba: ESALQ, 2008.

DIAS, R. R. **Uma indicação de potencial de uso das terras do Tocantins**. Palmas, Tocantins: Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública do Tocantins, 2000.

EMBRAPA. **Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – Ano 2012. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – SPI, 2009.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRATER/EMBRAPA. **Sistemas de produção para a cultura da seringueira no Estado do Amazonas**. Manaus: EMBRATER/EMBRAPA, 1980.

FALESI, I. C. **Segmentos de solos**. Curso de Especialização em Heveicultura. Belém: FCAP/SUDHEVEA, 1978.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.

FILHO, J. C. A. **Relação solo e paisagem no bioma caatinga**. Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Recife, PE: Embrapa Solos, 2011.

GASPAROTTO, L. **Epidemiologia do mal das folhas (*Microcyclus ulei* (P.Henn) v. Arx) da seringueira (*Hevea sp.*)**. Viçosa: UFV, 1988.

IBGE. **Mapa interativo de solos do Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 2 jun. 2011.

IRSG. International Rubber Study Group. **Production and consumption of natural rubber**. v. 56, n. 8. Plaza: Natural Rubber Statistical Bulletin, 2002.

KRISHNA, T. M.; BHASKAR, C. V. S.; RAO, P. S. CHANDRASEKAR, T. R.; SETHURAJ, M. R.; VIJAYA KUMAR, K. R. **Effect os irrigation on physiological performance os immature plants os Hevea brasiliensis in north konkan.** v. 4, n. 1. Kottayam: Indian Joounal of Natural Rubber Research, 1991.

MACEDO, R. L. G.; OLIVEIRA, T. K.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E. **Introdução de clones de seringueira no Noroeste do Estado de Minas Gerais.** v. 8, n. 1. Lavras: Cerne, 2002.

MARIN, F. R.; BARRETO JUNIOR, C. E. F. **Zoneamento agroclimático da heveicultura no Estado de São Paulo.** XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14. Campinas: Sociedade Brasileira agrometeorologia, 2005.

MENDES, N. M.; BAPTISTA, D. F.; VASCONCELLOS, M. C.; SCHALL, V. T. **Evaluation of the molluscicidal properties of Euphorbia splendens var. hislopii (N.E.B) (Euphorbiaceae). Experimental test in lentic habitat.** Mem Inst Oswaldo Cruz, 1992.

MORAES, V. H. F. Rubber. **Ecophysiology of tropical crops.** New York: Academic, 1977.

NAPPO, M. E.; NAPPO, A. E.; PAIVA, H. N. **Zoneamento ecológico de pequena escala para nove espécies arbóreas de interesse floresta no estado de Minas Gerais.** 5. ed. Minas Gerais: Revista Eletronica de Egenharia Florestal, 2005.

NASCIMENTO, F. R. do.; CUNHA, S. B.; ROSA, M. de F. **Classes de solos e unidades morfo-pedológicas na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú – Ceará.** Goiânia: Anais, 2006. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/016.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2011.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981.

ORTOLANI, A. A. Aptidão climática para cultura da seringueira em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 121, p. 29-35, 1985.

_____. **Planejamento e proteção preventiva contra geada.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1982. 5p.

ORTOLANI, A. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R.; CAMARGO, M. B. P; BRUNNI, O. **aptidão agroclimática para regionalização da Heveicultura no Brasil.** Seminario dsobre recomendações de clones de seringueiras. Brasília: EMRAPA-DDT, 1983. p.17-28.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p.311-313, 2005.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 2002.

PILAU, F. G.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ARBARISI, B. F. **Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil**. v. 15, n. 2. Santa Maria: Revista Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

PINHEIRO, F. M. A.; OLIVEIRA L.A.; GONÇALVES P.H.L.; CHAVES, J. G.; RIBEIRO, J. B. M. **XII Influência Da Cobertura Plástica Na Geotemperatura De Áreas Cultivadas Na Amazônia Oriental**. Foz de Iguaçu-PR: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002.

PINHEIRO, F. S. V. **Comportamento de alguns clones amazônicos de seringueira (*Hevea spp*) nas condições ecológicas de Açailândia**. Resultados preliminares. Viçosa, MG: UFV, 1981.

PRADO, H. do. **Pedologia fácil: Aplicações na Agricultura**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007.

RANIERI, S. B. L.; BARRETO, A. G. O. P.; KLUG, I. L. F. Pontencial de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para o estado do Maranhão. In: Polo Nacional de Biocombustíveis. **Estudo comparativo do potencial de produção de etanol no Maranhão: vantagens competitivas e comparativas**. Piracicaba: ESALQ, 2007.

RAO, G. G.; RAO, P. S. RAJAGOPAL, R.; DEVAKUMAR, A. S.; VIJAYAKUMAR, K. R.; SETHURAJ, M. R. **Influence of soil, plant and meteorological factors on water relations and yield in *Hevea brasiliensis***. International Journal of Biometeorology, 1990.

REIS, A. C. S. **Zoneamento agroclimático para a seringueira em Pernambuco**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1974.

RIBEIRO, I. O. *et al.* **Zoneamento Agroclimático da Seringueira para o Estado do Espírito Santo aplicando a lógica Fuzzy**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba-PR: INPE, 2011.

ROCHA NETO, O. G. da; CANO, M. A. O.; TIEBAUT, J. T. L. **Eficiência no uso da água em plântulas de seringueira submetidas a déficit hídrico**. v. 18, n. 4. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1983.

SEAGRO. Secretaria da Agricultura, da Pecuária e do Desenvolvimento Agrário. **Diagnóstico: florestas plantadas no Estado do Tocantins**. Relatório Estatístico da Silvicultura do Estado do Tocantins. Superintendência de Produção de Energias Limpas. Palmas: SEAGRO, 2012.

SEDIYAMA, G. C. *et al.* **Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) para o estado de Minas Gerais**. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, 2001.

SEPLAN, Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente do Tocantins. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico. **Mapeamento das regiões fitoecológicas e inventário florestal do Estado do Tocantins: regiões fitoecológicas do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 2012. 354p.

- _____. **Base de dados geográficos do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 2007.
- _____. **Atlas do Tocantins**: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas: SEPLAN, 2005. 54 p.
- _____. **Anuário estatístico do estado do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 2004. 634p.
- _____. Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Projeto de gestão ambiental integrada do Bico do Papagaio** - Zoneamento Ecológico-Econômico. Solos. Palmas: SEPLAN, 2004. 53p.
- _____. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente do Tocantins. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico. **Atlas digital do Tocantins – Base de dados Geográficos**. Palmas: SEPLAN, 2000.
- SILVA, L. G. **Comportamento de clones de seringueira ao mal das folhas e potencial impacto das mudanças climáticas globais na ocorrência da doença**. dissertação (Mestrado e Ciências Florestais). Jerônimo Monteiro: Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.
- SOUZA, O. M. M. **Zoneamento Edafoclimático para a cultura do eucalipto no estado do Tocantins**. Trabalho de conclusão de curso. Palmas: UFT, 2014.
- SOUZA, C. R. *et al.* **Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars**. v. 106, n. 2-3. Amsterdam: Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005.
- SOUZA, S. F.; VALDAMERI, R. M. **Curso básico de GPS, Cartografia e SIG**. Rio Grande do Sul: Apostila do laboratório de Pesquisa Geodésia/LAGEO – UFRS, 2006.
- TEZARA, W. *et al.* **Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower**. v. 53. Elmsford: Journal of Experimental Botany, 2002.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955.
- TRINDADE D. R; LIM T. M. **Doenças de folha da seringueira**: levantamento preliminar. Seminário nacional de seringueira. Manaus: SUDHEVEA, 1982.
- WALDHEIM, P. V.; CARVALHO, V. S. B.; CORREA, E.; FRANCA, J. R. de A. **Zoneamento climático da cana-de-açúcar, da laranja e do algodão herbáceo para a região Nordeste do Brasil**. v. 29, n. 2. Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, 2006.

CAPÍTULO 2

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA HEVEICULTURA, COMPARANDO COM OS CULTIVOS EXISTENTES NO ESTADO DO TOCANTINS

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar as regiões onde existem cultivos de seringueira no estado do Tocantins, através de um levantamento de campo e comparar com o trabalho de zoneamento agroclimático realizado anteriormente. Foi realizada uma pesquisa de campo, em um total de dezenove propriedades. Podemos concluir que os plantios da cultura estão localizados ao longo de todo Estado da região sul ao norte, demonstrando uma adaptação da cultura às condições edafoclimáticas do Tocantins. Os maiores plantios e os mais bem estruturados em termos de tecnologia estão localizados nos municípios de: Santa Fé do Araguaia, Palmeiropolis e Sandolândia.

Palavras-chave: Zoneamento, Seringueira, Edafoclimáticas.

ABSTRACT

This work aimed to identify the regions where rubber tree plantations exist in the State of Tocantins, through a field survey, and to compare with the agro climatic zoning work previously done . A field research was conducted in a total of nineteen properties. We conclude that the plantations are located throughout the state from south to north, demonstrating an adaptation of this crop to the edaphoclimatic conditions of Tocantins. The larger and better structured plantations, in terms of technology, are located in the municipalities of Santa Fé do Araguaia, Palmeirópolis and Sandolândia.

Keywords: Zoning, Rubber tree, Edaphoclimatic.

2.1 INTRODUÇÃO

O estado do Tocantins é composto por dois biomas (Cerrado e Amazônia), além de possuir um total de sete regiões fitoecológicas principais: Floresta Ombrófila; Floresta Ombrófila/Estacional; Floresta Estacional; Formações Pioneiras; Savana/Floresta Estacional; e Savana (Cerrado) (SEPLAN 2012).

O Bioma Cerrado é o mais abrangente, correspondendo a 91% da superfície do Estado, com 25,2 milhões de ha. No Bioma Cerrado, as formações fitoecológicas de Savana e Floresta Estacional Semidecidual são as mais representativas, somando mais de 21

milhões de ha (75,8%), dos quais a Savana corresponde à grande maioria, ocupando mais de 16,7 milhões de ha de superfície. O Bioma Amazônia cobre uma menor superfície do Estado e se localiza na porção norte-noroeste, junto à fronteira com o estado do Pará (equivalente a 9% da superfície estadual). Apresentam-se como principais formações fitoecológicas em seus 2,5 milhões de ha as Florestas Ombrófilas (Abertas e Densas), as quais, conjuntamente, somam mais de 1,7 milhão de ha (6,3% da área do Estado).

Segundo a Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Tocantins (SEMADES), o Estado contava, em 2011, com uma área total com plantios florestais de 83,6 mil ha, incluindo plantios para fins madeireiros (PFM) e para produtos não madeireiros (PNM).

Os plantios florestais para fins madeireiros compreendem 80,7 mil ha de plantios florestais, concentrados em 4 grupos de espécies, os quais, no conjunto, totalizam 80,3 mil ha, equivalente a mais de 96% da área total com plantios florestais no Estado. Essas espécies/gêneros são o Eucalipto (*Eucalyptus* spp), Teca (*Tectona grandis*), Pinus (*Pinus* spp) e Acácia (*Acacia mangium*). As demais espécies plantadas para fins madeireiros possuem uma área conjunta pequena, somando cerca de 490 ha em 2011. Estas incluem Guanandi (*Callophyllum brasiliense*), Mogno Africano (*Kaya ivorensis*) e Paricá (*Schizolobium amazonicum*).

Atualmente, quatro espécies são cultivadas para fins não madeireiros no Estado, incluindo a Seringueira, Pupunha, Neem e Pequi. A área total plantada com cultivos florestais não madeireiros em Tocantins somava o total de 2,3 mil ha em 2011.

Em termos de representatividade de área plantada com potencial comercial, as espécies consideradas para fins de identificação e mapeamento de áreas com aptidão para a silvicultura são o Eucalipto, a Teca e a Seringueira.

A seringueira foi implanta no Estado na década de 80, na região Centro-Oeste do Tocantins, nos municípios de Fátima, Porto Nacional, Pium e Cristalândia e Paraíso. Em geral, ocorre de modo ainda bastante rudimentar, pela falta de tradição e, principalmente, pela ausência de mão de obra especializada e de técnicos com conhecimentos específicos da cultura.

Esses cultivos resultaram do PROBOR (Programa de Incentivo à Produção de Borracha Natural), entre 1972 e 1984, um ambicioso programa do Governo Federal que pretendia tornar o Brasil autossuficiente na produção de borracha. Em suas três etapas (PROBOR I, II e III), previa o plantio de 388 mil hectares de seringueiras, a maior parte delas na Amazônia. Para coordenar esse programa, o Governo Federal criou uma agência dedicada exclusivamente ao tema, a Superintendência da Borracha (SUDHEVEA) (FERREIRA; LIMA, 2011).

Em meados dos anos 80, quando a SUDHEVEA foi extinta, o PROBOR entrou em decadência e toda a estrutura de apoio técnico-financeiro deixou de existir, resultando no abandono de milhares de hectares de plantios, boa parte deles sem nunca ter entrado em produção. Para piorar a situação, no começo dos anos 90, durante o governo Collor, foi extinto o subsídio ao preço da borracha produzida na Amazônia, eliminando a maior vantagem competitiva da produção oriunda de seringais nativos e de cultivos da região (FERREIRA; LIMA, 2011).

Após o período PROBOR, os plantios no Estado estagnaram, não houve novas implantações, pelo menos não em áreas que fossem significativas. Esse fracasso dos primeiros plantios de seringueiras no Tocantins na década de 80 pode ser creditado, em grande parte, à falta de incentivo a políticas de desenvolvimento local da cultura e à falta de mão de obra especializada. Esses fatores são imprescindíveis para a garantia de sucesso no empreendimento.

A retomada do cultivo da seringueira no Estado só aconteceu dez anos depois, já na década de 90, e com maior intensidade nos últimos dois anos.

A produção de seringueira no Tocantins ainda é incipiente, e o Estado é o 9º produtor, responsável por apenas 0,8% do total nacional. Embora a produção do Tocantins seja pequena, o crescimento tem sido acentuado e apresenta uma tendência de crescimento. Entre 2000 e 2011, a produção de látex coagulado no Tocantins passou de 700 para 2,3 mil toneladas, um crescimento de 228% (SEMADES., 2013).

Houve um crescimento substancial de plantio de seringueira no Estado nos últimos três anos. Estima-se que até o final de 2015, no Estado, tenha chegado a mais de 5.000 hectares de área de Seringueira.

No Tocantins, o “Programa de Estruturação de Polos de Produção de Seringueira” (Látex) se concentra em três regiões geográficas: Sul, Centro-Oeste e Noroeste.

A expansão da cultura da seringueira está sendo estruturada em polos produtivos em regiões distintas no Estado. Os polos estão concentrados nos seguintes municípios: polo Cantão – Abreulândia, Araguacema, Barrolândia, Caseara, Chapada de Areia, Cristalândia, Divinópolis, Paraíso, Pugmil, Pium, Nova Rosalândia e Oliveira de Fátima; polo meio-norte – Aragominas, Araguaã, Araguaína, Carmolândia, Muricilândia e Santa Fé do Araguaia; polo sul – Araguaçu, Chapada da Natividade, Conceição, Jaú, Natividade, Paranã, Palmeirópolis, Sandolândia, São Salvador, Santa Rosa e Talismã (SEMADES, 2013).

O processamento industrial do látex ainda não existe no Tocantins, pois atualmente não há indústrias consumidoras de látex nesse Estado. Devido à ausência de unidades industriais processadoras de látex, tais como as produtoras de artigos de valor agregado com borracha natural, a produção de matéria prima é enviada para os estados de São Paulo, Goiás e Bahia, que possuem indústrias do tipo referido (SEMADES., 2013).

A seringueira adapta-se a vários padrões climáticos, sendo cultivado comercialmente desde as latitudes de 22°N, na China, até 25°S, no litoral do estado de São Paulo (ORTOLANI *et al.*, 1983), demonstrando, pois, rusticidade e capacidade de adaptação a grande número de padrões climáticos e edáficos. Entretanto a seringueira é mais produtiva em regiões com temperatura média anual igual ou superior a 20°C (CAMARGO apud OHASHI *et al.*, 1983).

Trindade (1982) salienta que a temperatura não constitui fator restritivo da produção de látex em região de clima tropical. Por outro lado, esse autor admite a temperatura média de 20°C como o limite mínimo para o cultivo comercial da seringueira nas condições subtropicais do Planalto Paulista.

Observou-se que no Tocantins, a área de solos favoráveis ao cultivo da seringueira é significativa, sendo distribuída de norte a sul do Estado. Quanto ao clima identificou-se pequena áreas com classe climática "apta" (cerca de 9%), e classe "marginal" (quase 84% da área), o que caracteriza como possibilidade ao desenvolvimento da cultura em algumas regiões do Estado.

Esse trabalho teve como objetivo de mapear essas regiões escolhidas para serem implantados os polos de seringueira no Estado por meio de um levantamento de campo. Também propôs-se verificar como encontra-se atualmente a implantação e o desenvolvimento da cultura, para posterior comparação com o zoneamento agroclimático da cultura no Estado, a fim de observar se esses polos estão dentro das áreas aptas ao desenvolvimento da cultura e dentro de um eixo de uma logística favorável para o escoamento do látex.

2.2 METODOLOGIA

Com o objetivo de identificar os plantios existentes e as áreas de produção em implantação de seringueira no estado do Tocantins, buscou-se realizar um levantamento de campo dessas áreas *in loco*.

Para a realização do levantamento da cultura e obter os contatos dos produtores no Estado, foram realizadas entrevistas com técnicos do Banco da Amazônia e da Secretaria Estadual de Agricultura. A partir desses contatos, foram realizadas visitas a campo e aos proprietários das fazendas que estão implantando ou que já implantaram seringais no Estado.

Foram realizadas visitas em dezenove propriedades dos nove municípios do Estado, situadas em três regiões geográficas (Sul, Centro-Oeste e Noroeste).

Os municípios contemplados em cada região foram: Santa Fé do Araguaia (Região Noroeste), Fátima, Cristalândia, Porto Nacional, Pium, Paraíso do Tocantins e Marianópolis do Tocantins (Região Centro-Oeste), e Palmeirópolis e Sandolândia (Região Sul), os quais estão apresentadas na Figura 18.

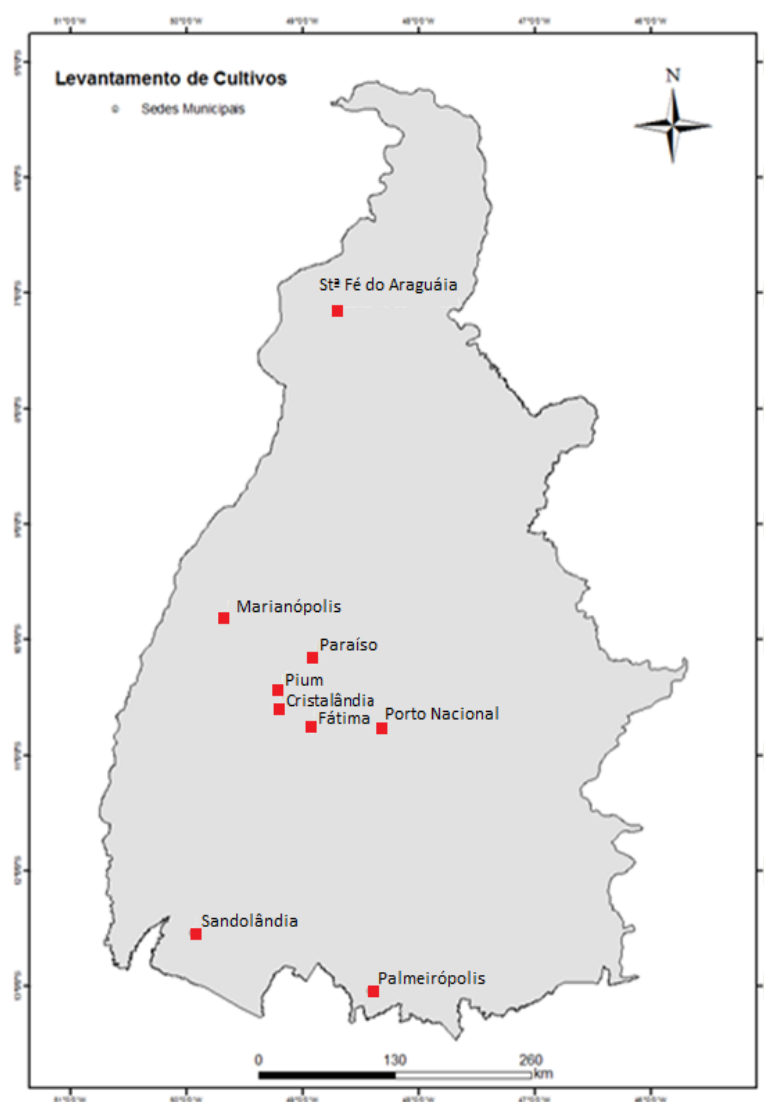


Figura 17 - Municípios visitados com plantios de seringueira no Tocantins
Fonte: elaborado pela autora

Realizou-se uma pesquisa de campo, utilizando-se como instrumento de coleta de dados, questionários e entrevistas, no período de fevereiro a março de 2014 (Anexo 1).

Os dados obtidos incluem: área plantada, variedades utilizadas, se o plantio foi ou era financiado ou não, idade dos plantios e principais problemas enfrentados.

Com base nessas respostas, foi realizado um levantamento da situação atual da seringueira no Estado, para posterior comparação com o zoneamento agroclimático e ambiental da cultura no Estado, bem como se esses empreendimentos encontram-se próximos do eixo de logística favorável para o escoamento do látex.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO



2.3.1 Levantamento da cultura nos polos produtivos do Estado já implantados ou em fase de implantação







De acordo com o levantamento realizado nas dezenove propriedades dos nove municípios do Estado, verificou-se que a produção de seringueira no estado do Tocantins está em crescente expansão. Isso devido às políticas de incentivo a essa cultura, embora a dificuldade de informação, tanto para o produtor quanto para pesquisadores ainda seja muito grande.


A área atualmente ocupada pela cultura no Estado é de 3.853 ha (Quadro 3). Há previsão de implantação de mais 2.147 ha nos próximos três anos, completando um total de 6.000 ha.

De acordo com os resultados da pesquisa, constatou-se as localizações dos plantios existentes no Estado, os quais estão situados nos municípios apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Localização e áreas dos plantios de seringueira no Tocantins em 2014

Municípios	Área (ha)	Área (%)	Propriedades	Figuras
Pium	214	5,6	Faz. Canastra, Agropecuária JAN, Faz. Agropastoril, Faz. Mascate, Faz. Chão do Rincão, Faz. Ouro Verde.	
Paraíso	43	1,1	Faz. São Sebastião, Faz. Santa Rita, Faz. São Luiz, Faz. Boa Esperança.	

Palmeirópolis	1.495	38,8	Agropecuária Serra Dourada, Fazenda Libra.	
Cristalândia	160	4,2	Fazenda Veneza e Fazenda Recanto Verde.	
Porto Nacional	14	0,4	Faz. São Benedito, Faz. Rancho Mourão.	
Fátima	8,5	0,2	Fazenda Bela Vista.	
Marianópolis	246	6,4	Fazenda Anajá.	
Santa Fé do Araguaia	672	17,4	Fazenda Novos Horizontes	

Sandolândia	1.000	25,9	Vera Cruz Agropecuária Ltda.	
Total	3.852,5	100	-	

Fonte: elaborado pela autora

Existem três polos produtivos da seringueira, agrupando municípios situados nas regiões noroeste, centro-oeste e sul, os quais foram criados por meio de um programa de governo, para incentivar a implantação da cultura no Estado (Figura 22).

Os maiores plantios estão localizados nos municípios de Palmeiropolis, com cerca de 39% da área total, seguido do município de Sandolândia, com 26% da área total, e Santa Fé do Araguaia, com 18% da área total. As áreas dos dois primeiros municípios que correspondem a aproximadamente 65%, estão localizados na parte sul do Estado (Polo sul), enquanto que a área situada em Santa Fé do Araguaia, localiza-se ao norte do Tocantins (Polo noroeste).

Os três municípios juntos representam um total de 83% da área total de plantios da cultura no Estado (Figura 19).

O restante das áreas que compõe seis municípios produtores de seringueira, localizam-se no Polo centro-oeste.

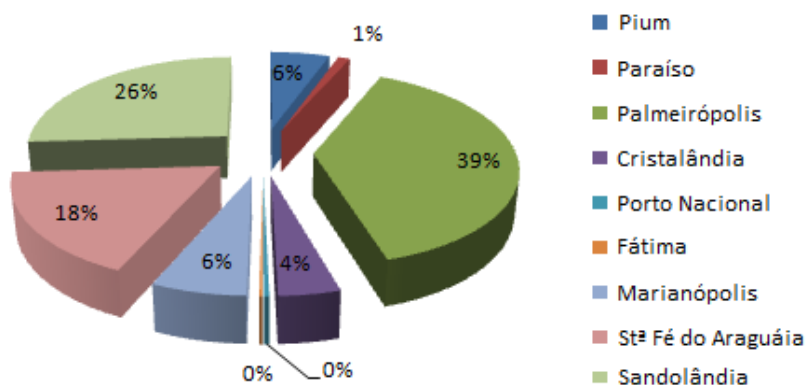


Figura 18 - Distribuição da seringueira por município no estado do Tocantins
Fonte: elaborado pela autora

Outro fator importante é que esses municípios estão localizados em regiões distintas no Estado.

Isso reforça que a cultura da seringueira apresenta grande capacidade ou potencial de se desenvolver nas condições climáticas e edáficas do Estado, demonstrando que a heveicultura é naturalmente restrita apenas às regiões úmidas da Amazônia e do Litoral sul da Bahia. Assim, poderia se expandir para outras regiões com regime hídrico, caracterizado por um período seco definido e muitas vezes com elevado déficit hídrico (CUNHA *et al.*, 1998). Contudo como essas áreas foram implantadas sem um estudo científico prévio da cultura para cada região, tem-se que aguardar para conhecer o seus respectivos desenvolvimentos vegetativos nas distintas regiões, a fim de verificar a viabilidade técnica e econômica da cultura nas condições edafoclimáticas do Estado.

As principais fontes de recursos para financiar a seringueira no Estado foram: a) Recursos próprios, b) PROBOR (Programa de Incentivo à Produção de Borracha Natural, c) FNO (Fundo Constitucional do Norte) e d) Outras fontes.

Segundo o levantamento realizado, 35% dos plantios no Estado foram implantados com recursos próprios, 20% foram recursos oriundos do PROBOR, 20% recursos do FNO e 25% outras fontes financiadoras, provavelmente de linhas de financiamento de outros bancos (Figura 20).

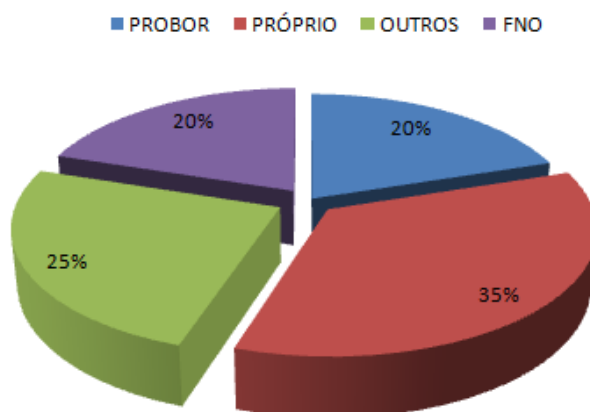


Figura 19 - Linhas de financiamento utilizadas para implantação da seringueira no Estado
Fonte: elaborado pela autora

Os três maiores plantios de seringueira do Estado, que totalizam cerca de 83% da área plantada, foram implantados com recursos próprios.

Os plantios antigos e financiados pelo PROBOR estão praticamente abandonados, não sendo a atividade econômica principal da propriedade. Os que ainda estão produzindo apresentam uma baixa produtividade de látex.

Nas três regiões geográficas do Estado (Sul, Centro-Oeste e Noroeste), foi verificado que os plantios dos municípios de Fátima, Marianópolis, Paraíso, Pium e Porto Nacional (Polo Cantão), são os plantios antigos e que reportam-se à época do PROBOR.

Os maiores plantios estão concentrados no polo Sul, nos municípios de Sandolândia e Palmeiropólis. São plantios novos e com um maior investimento em tecnologia.

No polo do Meio Norte, tem-se o plantio do município de Santa Fé do Araguaia, que também é constituído por plantios mais recentes.

Constatou-se que em relação aos problemas enfrentados pelos produtores para a implantação da cultura da seringueira no Estado, destacam-se: falta de assistência técnica, de mão de obra especializada e os preços elevados para aquisição das mudas (Figura 21).

De acordo com o levantamento de campo, verificou-se que o Estado não tem apresentado muitos problemas com doenças para a implantação da cultura. Os problemas como incidência de doenças, foram relatados apenas em plantios da região norte do Estado, no município de Santa Fé do Araguaia, e em um caso específico numa propriedade no município de Paraíso, cuja área de plantio está situada em uma área menor do que 1 ha de baixada, sujeita à inundação. Segundo Silveira e Furtado (1997) e Furtado (2008), esse fato ocorre porque o desenvolvimento do patógeno é favorecido por temperatura do ar ao redor de 21 °C e umidade relativa acima de 90%.

Esse caso ressalta a importância de se efetuarem pesquisas experimentais para propiciar maior segurança quanto à implantação da cultura nesse município, pois são áreas com restrições climáticas, devido a apresentarem um clima mais suscetível à doenças fúngicas. Sob essas condições Oliveira (2009), destaca que deve-se evitar o plantio de clones suscetíveis ao mal-das-folhas, principal doença da cultura.

Os demais municípios visitados devem ser enquadrados como “áreas de escape”, ou seja, locais desfavoráveis ao desenvolvimento do patógeno mal-das-folhas (FURTADO, 2007).

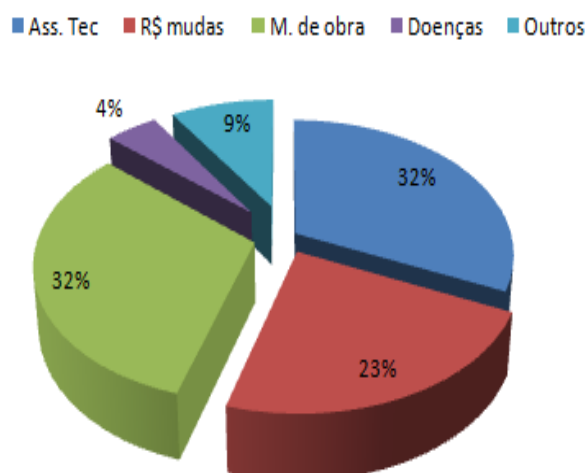


Figura 20 – Principais problemas enfrentados pelos produtores de seringueira no Estado
Fonte: elaborado pela autora

Segundo pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins (UFT) e técnicos da Secretaria Estadual da Agricultura e Pecuária (SEAGRO) entrevistados neste trabalho, um dos principais problemas referentes à situação da seringueira no Estado, é a falta de informação exata quanto ao número de produtores existentes e a resistência por parte dos mesmos em fornecer informações. Sendo assim, necessita-se que seja realizado um levantamento oficial por parte do governo estadual, para se obter um panorama real quanto ao plantio da seringueira, bem como os principais entraves enfrentados pelos produtores no Tocantins.

2.3.2 Regiões potenciais para produção da seringueira segundo o zoneamento edafoclimático e ambiental da cultura

Conforme levantamento realizado em campo, as propriedades visitadas estão inseridas nos três polos produtivos da seringueira (regiões noroeste, centro-oeste e sul) (Figura 21).

Considerando a localização dos polos produtivos de seringueira no Estado do Tocantins em relação ao zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura, observou-se que todos os polos produtivos estão localizados em condição de clima considerado "marginal" (regiões hachuradas em linhas horizontais), estando algumas áreas associados a solos "favoráveis" (cor verde escuro) e "restritos" (cor verde claro), conforme pode ser visualizado na Figura 21.

No polo na região noroeste do Estado, o município de Santa Fé do Araguaia encontra-se predominantemente em uma condição de clima considerado "marginal" e solos

“favoráveis”. O município possui cerca de 21,43% de sua área com solos favoráveis e o restante são considerados restritos, porém agricultável. Nota-se que esta região encontra-se muito próxima das áreas consideradas climaticamente “aptas”, podendo estas áreas produtivas de seringueira, devido à proximidade, serem influenciadas favoravelmente.

O polo centro-oeste é todo caracterizado por aptidão climática “marginal”, com exceção de uma área representativa observada no município de Palmas e parte de Porto Nacional, que apresenta aptidão climática “apta”. Porém não foi constatado nenhum plantio da cultura nesta região, a qual é considerada favorável ao cultivo da seringueira.

Dos seis municípios produtores de seringueira, três (Pium, Marianópolis e Cristalândia), estão situados em regiões que apresentam o predomínio de solos “restritos”, e os outros três (Paraíso, Porto Nacional e Fátima), em solos considerados “favoráveis”.

Isso não quer dizer que a cultura não possa ser plantada nessas áreas (clima “marginal” e solos “restritos”), pois a cultura plantada sob essas condições, será necessário a utilização de algumas técnicas de manejo, como irrigação e melhoramento da fertilidade e conservação do solo. Nesse sentido, constatou-se que de acordo com o levantamento realizado, cerca de 85% dos plantios apresentavam sistema irrigação.

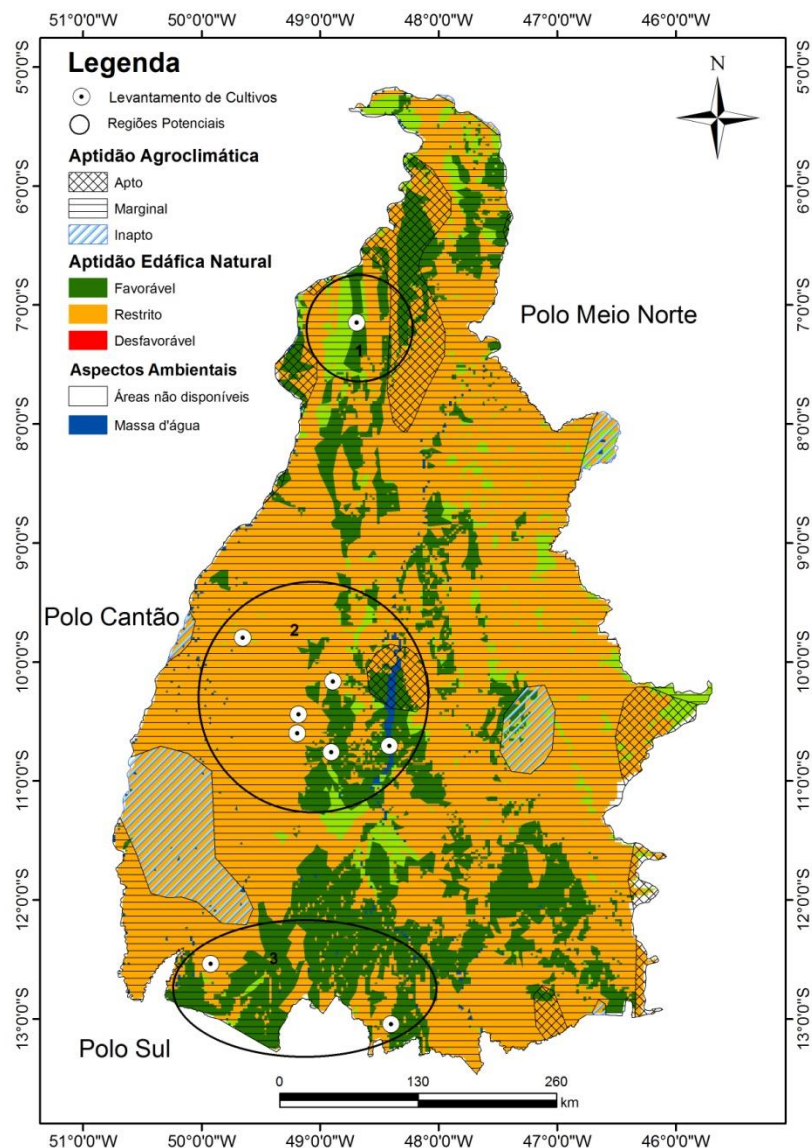


Figura 21 - Localização dos polos produtivos de seringueira no Estado do Tocantins em relação ao zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura
 Fonte: elaborado pela autora

Com base no mapa do zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura (Figura 22), as consideradas áreas potenciais para o cultivo favorável da seringueira (clima “apto” e solos “favoráveis” ou em algumas condições “restritos”), estão situadas cinco porções do Estado: a) ao norte, b) a noroeste, c) ao centro, d) a leste e e) a sudeste do Tocantins.

Percebe-se portanto, que nenhuma das áreas de produção de seringueira identificadas neste estudo, estão sob essas condições ambientais.

2.3.3 Produção e comercialização do látex no Tocantins

A produção do Tocantins é incipiente, e o Estado é o 9º produtor, responsável por apenas 0,8% do total nacional. Embora a produção do Tocantins seja pequena, o crescimento tem sido acentuado, haja vista que a produção de látex coagulado no Tocantins, passou de 700 t em 2000, para 2,3 mil toneladas em 2011, mostrando um crescimento de 228% (SEAGRO, 2012)

Segundo a SEAGRO (2012) os plantios de seringueira no Estado apresentam atualmente a média de produtividade de 3,5 t/ha ano de látex. Os plantios de seringueira são, em sua maioria, clonais e produzem entre 3,0 e 4,0 ton/ha ano de látex, sendo manejados em ciclos entre 30 e 35 anos.

No entanto os plantios atualmente existentes e a ampliação do programa de plantio com essas espécies irão requerer o estabelecimento de uma base industrial competitiva e diversificada, que atenda tanto ao mercado regional como nacional e internacional. Tais resultados indicam grande potencial no Estado para o cultivo e a expansão da área atualmente plantada com as espécies em questão.

O processamento industrial do látex deve ainda ser introduzido no Estado. O processamento mais rústico é feito para produzir folhas defumadas de borracha (Folha de Defumação Líquida – FDL) ou para produção do GEB (Granulado Escuro Brasileiro), sendo apenas o primeiro tipo efetivamente produzido no Tocantins. Atualmente não existem indústrias consumidoras de látex no Tocantins. A produção de látex é levada para estados que possuem indústrias de borracha natural, principalmente para São Paulo e Goiás.

O aumento da oferta deverá atrair a indústria processadora e contribuirá para redução na importação nacional de borracha natural, que é significativa. Não existem indústrias consumidoras instaladas no Estado e toda a produção tem de ser levada a outros estados, o que indica que políticas públicas para atrair unidades de processamento de látex para o Estado são fundamentais.

Devido à ausência de unidades industriais processadoras de látex como produtoras de artigos de valor agregado com borracha natural no Tocantins, a produção de látex do de Santa Fé do Araguaia, que conta com cerca de 240 ha plantados, é enviada para São Paulo (principal produtor e consumidor nacional). A produção de látex da região de Paraíso de Tocantins, que reúne aproximadamente 600 ha de plantios, é enviada principalmente para a Bahia, segundo maior produtor nacional de borracha natural.

Os plantios da região de Palmeirópolis são comercializados junto a intermediários provenientes do estado de Goiás, que formam grandes cargas de látex, posteriormente remetidos ao estado de São Paulo.

O mercado internacional consumidor de produtos florestais é um alvo fundamental para o desenvolvimento do setor florestal que opere em alta escala de produção no Tocantins. O Estado já conta com uma logística bastante facilitada de acesso aos mercados mundiais, no entanto existem melhorias que vêm sendo implementadas. O escoamento no futuro poderá ser feito por meio de uma logística ainda mais eficiente, utilizando uma combinação multimodal das opções de modal rodoviário, ferroviário e também hidroviário.

2.3.4 Caracterização e análise do sistema logístico de transporte em relação às regiões potenciais à produção de seringueira

O Tocantins está situado no centro do País, e isso é estratégico para acessar diferentes mercados. O Estado, especialmente na área agrícola, vem se destacando no cenário econômico regional devido, em parte, à sua localização estratégica e à possibilidade de distribuição de produtos no mercado nacional e internacional, devido sua infraestrutura de transporte atual e projetada (Figura 22).

Aliado à posição geográfica do Tocantins, a perspectiva de conclusão da Ferrovia Norte-Sul deve criar um novo eixo de desenvolvimento ainda não devidamente mensurado, além de aumentar a influência do Estado no agronegócio brasileiro, incluindo facilidades no médio prazo ao setor florestal estadual.

O Estado já conta com uma logística bastante facilitada de acesso aos mercados mundiais, no entanto existem melhorias em curso.

As rodovias predominantes nessa região são as estaduais, sendo duas as rodovias sob jurisdição federal que cortam essa região, a BR-153 e BR-242. Ambas estão pavimentadas e em bom estado de conservação.

A ferrovia Norte-Sul, que liga o pátio intermodal de Palmas/Porto Nacional até Guaraí, possibilitará conectar a região central do Estado por via ferroviária até o porto de Itaqui, no Maranhão e, de lá, à Europa e aos Estados Unidos, importantes destinos de produtos de origem florestal.

Isso facilitaria o escoamento do látex dos plantios da região centro-oeste do Estado composta pelos municípios de Fátima, Cristalândia, Porto Nacional, Pium, Paraíso do Tocantins e Marianópolis do Tocantins.

A perspectiva de investimentos na viabilização da hidrovia Tocantins-Araguaia abrirá novas oportunidades de acesso a custos mais competitivos aos portos localizados mais ao norte, assim como à própria operacionalização total da ferrovia Norte-Sul.

No médio e longo prazo, outra oportunidade de escoamento para o mercado internacional com grande potencial para o Tocantins será por meio do transporte pela ferrovia Leste-Oeste e exportação pelo porto de Ilhéus-BA.

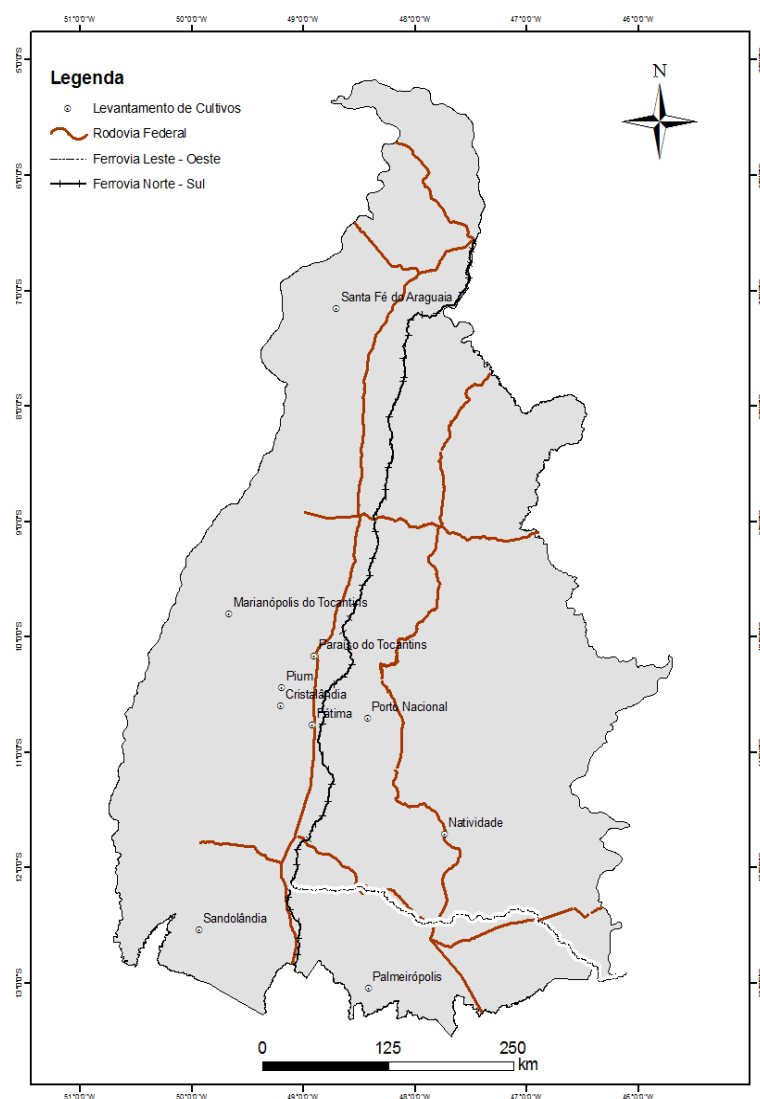


Figura 22 - Infraestrutura de transporte rodoviário e ferroviário (atual e projetado) e polos produtivos da cultura da seringueira

Fonte: TOCANTINS (2012)

A infraestrutura de transporte da região também pode atender o escoamento da produção florestal do centro-oeste por possuir portos mais próximos de consumidores internacionais – ferrovia Norte-Sul, que interliga o pátio intermodal de Palmas/Porto

Nacional até Guaraí –, a exemplo de países do hemisfério norte (EUA e Europa), e mesmo o mercado asiático, por meio do Canal do Panamá.

Essa infraestrutura possibilita conectar a região central do Estado por via ferroviária até o porto de Itaqui, no Maranhão, e de lá aos mercados consumidores do hemisfério norte, importantes destinos de produtos de origem florestal nacional.

Outra possibilidade de escoamento multimodal da produção do Estado ao mercado internacional é o chamado corredor centro-norte, composto pelo eixo: rio Tocantins, ferrovia Norte-Sul, estrada de ferro Carajás e Porto de Itaqui-MA.

Existem outras opções que incluem o modal hidroviário por meio do rio Araguaia até o mesmo porto de Itaqui-MA, no entanto, em princípio, apresentam-se, no momento, menos competitivas e com limitações e barreiras a serem vencidas.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao insucesso na introdução da cultura no Estado (antigo estado de Goiás) na década de 70 e 80, várias tentativas de revitalizar a heveicultura foram iniciadas há três anos, com definição de uma política governamental Estadual de incentivo à implantação da cultura, linhas de crédito e capacitações para o fortalecimento da heveicultura no Estado.

Com base no zoneamento edafoclimático e ambiental para a cultura, as consideradas áreas potenciais para o cultivo favorável da seringueira (clima “apto” e solos “favoráveis” ou em algumas condições “restritos”), estão situadas cinco porções do Estado: a) ao norte, b) a noroeste, c) ao centro, d) a leste e e) a sudeste do Tocantins, contudo percebe-se, que nenhuma das áreas de produção de seringueira identificadas neste estudo, estão sob essas condições ambientais. Nesse sentido há a necessidade utilização de práticas de manejo dos solos e especialmente de irrigação da área de produção de seringueira, conforme observado no levantamento de campo.

Diante disso, há a necessidade de realização de pesquisas científicas envolvendo avaliação de clones de seringueiras, considerando os ambientes locais, susceptibilidade a doenças e pragas, dentre outros temas.

O zoneamento edafoclimático é um instrumento importante e necessário para balizar a implantação de empreendimentos relacionados à heveicultura no Estado, de forma planejada e que esteja em consonância com o sistema logístico disponível e projetado para o futuro pelo Estado do Tocantins.

REFERÊNCIAS

- APABOR. Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha. **O histórico da borracha da idade média ao terceiro milênio**. Histórico da Borracha. Disponível em <<http://www.apabor.org.br/sitio/historia/historico.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2014.
- BERNARDES, M. S.; VEIGA, A. S.; FONSECA FILHO, H. Mercado brasileiro de borracha natural. In: BERNARDES, M. S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: Esalq, 2000.
- CAMARGO, A. P.; CARDOSO, R. M. G.; SCHMIDT, N. C. **Comportamento e ecologia do "mal-das-folhas" da seringueira nas condições climáticas do planalto paulista**. v. 26. Campinas: Bragantia, 1967.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: EMBRAPA, 2003. 18 p.
- CAMARGO, A. P. **Possibilidades climáticas da cultura da seringueira em São Paulo *Hevea brasiliensis***. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1963.
- CORTEZ, J. V. Reflexões sobre as projeções de consumo de borracha natural no Brasil até o ano 2030. **Associação Paulista de Produtores e Beneficiadores de Borracha**. (Apabor), 2005.
- COSTA, R. B. *et al.* **Melhoramento e conservação genética aplicados ao desenvolvimento local – o caso da seringueira (*Hevea* sp)**. v. 1, n. 2. Campo Grande: Revista Internacional de Desenvolvimento Local, 2001.
- DALL'ANTONIA, A. C. **Estudo do Desempenho Mecânico e Térmico de Compostos de Borracha Natural (NR) de Diferentes Clones**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.
- EMBRAPA. **Relatório da reunião de zoneamento agrícola para o plantio da seringueira**. Manaus: CNPS, 1980.
- FERREIRA, C. C. M. Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais. 158 f. **Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- FERREIRA, E. J. L.; LIMA, R. B. **Passado, presente e futuro do cultivo de seringueira no Acre**. Acre: Abril, 2011. Disponível em: <<http://www.ambienteacreano.blogspot.com.br/2011/04/passado-presente-e-futuro-do-cultivo-de.html>>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- FURTADO, E. L. Doenças das folhas e do caule da seringueira. In: ALVARENGA, A. de P.; CARMO, C. A. F. de S. do (Coord.) **Seringueira**. Viçosa: EPAMIG, 2008.
- FURTADO, E. L. **Manejo do mal-das-folhas da seringueira no Brasil**. v. 28, n. 237. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 2007.

GONÇALVES P. S. *et al.* **Origem, variabilidade e domesticação da hevea**: uma revisão. Brasília: Pesq. Agropec.Bras, 1990.

IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. **A importância da borracha natural**. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/importancia.php>>. Acesso em: 10 mar. 2014

IRSG. International Rubber Study Group. **Production and consumption of natural rubber**. v. 56, n. 8. Plaza: Natural Rubber Statistical Bulletin, 2002.

MARIN, F. R.; BARRETO JUNIOR, C. E. F. **Zoneamento agroclimático da heveicultura no Estado de São Paulo**. XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Campinas: Sociedade Brasileira agrometeorologia, 2005.

NAVES-BARBIERO, C. C. **Efeito das mudanças climáticas sobre o zoneamento agroclimático da *hevea brasiliensis* no estado do Tocantins**.

OHASHIO, O. N. B.; SILVA, G. R. da; FRAZÃO, D. A. C.; CÂMARA, L. M. S. C. Exigências de clima e solo. In: HAAG, H. P. **Nutrição e Adubação da seringueira no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1983.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981.

ORTOLANI, A. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R.; CAMARGO, M. B. P; BRUNNI, O. **aptidão agroclimática para regionalização da Heveicultura no Brasil**. Seminario dsobre recomendações de clones de seringueiras. Brasília: EMRAPA-DDT, 1983.

ORTOLANI, A.A. **The importance of agrometeorology to rubber production in Brazil**. Brazilian Agriculture & Commodities. Portsmouth: Hambrook Publishing Company, 1980.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PEREIRA, J. P; DORETTO, M.; LEAL, A. C.; CASTRO, A. M. G.; RUCKER, N. A. **Cadeia produtiva da borracha natural**: análise diagnóstica e demandas atuais no Paraná. Londrina: IAPAR, 2000.

ROSSMANN, H.; GAMEIRO, A. H. **O futuro da heveicultura brasileira**. São Paulo: Florestar Estatístico, 2006.

SEDIYAMA, G.C. *et al.* **Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) para o estado de Minas Gerais**. v. 9, n. 3. Passo Fundo: Revista Brasileira de Agrometeorologia, 2001.

SEMADES. Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Tocantins. **Reformulação da política estadual de florestas e elaboração do plano estadual de florestas do Tocantins (PEF/TO)**. Proposta preliminar do plano estadual de florestas. Curitiba: PEF/TO, 2013.

SEPLAN. **Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do Estado do Tocantins**: Regiões Fitoecológicas do Tocantins. Palmas: Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública do Tocantins, 2012.

SILVEIRA, A. P.; FURTADO, E. L. **Doenças da seringueira no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Biológico, 1997.

SOUZA M. A. **Superintendência da Borracha: um estudo institucional**. Dissertação M.Sc. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, 2010.

TOCANTINS. Governo do estado. Portão Cidadão. **Ferrovias Norte-Sul**. 2007. Disponível em: <http://www.portaodocidadao.to.gov.br/ferrovias_norte-sul>. Acesso em: 16 abr. 2013.

TRINDADE D. R; LIM T. M. **Doenças de folha da seringueira: levantamento preliminar**. Seminário nacional de seringueira. Manaus: SUDHEVEA, 1982.

WALDHEIM, P. V.; CARVALHO, V. S. B.; CORREA, E.; FRANCA, J. R. de A. **Zoneamento climático da cana-de-açúcar, da laranja e do algodão herbáceo para a região Nordeste do Brasil**. v. 29, n. 2. Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, 2006.

CAPÍTULO 3

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE O ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO PARA A SERINGUEIRA NO TOCANTINS

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os possíveis impactos das mudanças climáticas globais sobre o zoneamento climático para a seringueira com vista à delimitação de áreas aptas no estado do Tocantins (Brasil). Utilizaram-se dados climáticos atuais de 110 estações para realização do balanço hídrico necessário ao zoneamento. Os dados climáticos futuros foram obtidos do relatório do IPCC, em que foram utilizados os quatro cenários futuros de forçantes radiativas – RCPs: (RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5 e RCP 2.6) para o final do século (2081 a 2100). A partir desses dados, foram confeccionados novos mapas de temperaturas com valores incrementados de temperatura para cada cenário, e nos valores de precipitação pluviométrica diária foi feito uma redução de 10% nos valores coletados. Os resultados mostraram que, para as condições climáticas atuais, há pouca restrição térmica para o desenvolvimento da cultura e que, para obter boa produtividade, deve ser utilizada irrigação nos períodos de deficiência hídrica. No entanto, de acordo com os modelos de mudanças climáticas analisados, o Tocantins estará sob fortes restrições hídricas, com grande redução de áreas consideradas climaticamente “aptas” e “marginais”, e aumento das áreas “restritas” (quase a totalidade do Estado) ao cultivo da seringueira sob condições futuras.

Palavras-chave: *Hevea brasilienses*, Aptidão agroclimática, Cenários de emissões, Mudanças do clima.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the possible impacts of global climate change on climatic zoning for rubber tree plantation with a view to delimiting suitable areas in the State of Tocantins (Brazil). We used current weather data from 110 meteorological stations to conduct the water balance evaluation necessary for the zoning. Future climate data was obtained from the IPCC report (2013), where we used the four future scenarios of radiative forcing - RCPs: (RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5 and RCP 2.6) to the end of the century (2081-2100). From this data, new maps were made with incremented temperature values for each scenario and a 10% reduction was made in the amounts listed of daily rainfall. The results showed that, for the current weather conditions, there is little thermal constraint to the development of the crop, and for good productivity irrigation should be used in periods of water shortage. However, according with the climate change scenarios analysed, Tocantins will be under heavy water restrictions, with a large reduction of areas climatically considered "suitable" and "marginal", and increased "restricted" areas (almost all of the state) for rubber tree cultivation under future conditions.

Keywords: *Hevea brasilienses*, Agro climatic aptitude, Emissions scenarios, Climate change.

3.1 INTRODUÇÃO

O relatório do IPCC (2013) da Organização das Nações Unidas – ONU alerta que, caso as emissões de gases do efeito estufa continuem crescendo ao longo dos próximos anos, a temperatura do planeta poderá aumentar até 4,8 °C neste século. Isso resultará em uma elevação de até 82 centímetros no nível do mar e causará danos importantes na maior parte das regiões costeiras do globo.

As concentrações de CO₂ na atmosfera já aumentaram mais de 20% desde 1958, quando medições sistemáticas começaram a ser feitas, e cerca de 40% desde 1750. De acordo com o IPCC, o aumento é resultado da atividade humana, principalmente da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento, havendo uma pequena participação da indústria cimenteira.

Se as previsões de cenários climáticos do IPCC se confirmarem, um dos mais importantes setores da economia do País poderia enfrentar enormes dificuldades, caso não se adotassem medidas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e/ou não se adaptassem as culturas para a nova situação climática projetada.

Qualquer mudança no clima pode afetar o zoneamento agroclimático, a produtividade das culturas e as técnicas de manejo, alterando o atual cenário da agricultura brasileira, em cada região, com sérias consequências econômicas, sociais e ambientais.

Mas estudos mostram que pesquisas relativas ao efeito de mudanças climáticas globais na agricultura brasileira são ainda muito restritas (SIQUEIRA, 2001).

Alguns estudos foram realizados, em que se simulam os efeitos do aquecimento global no zoneamento agrícola de risco climático e de aptidão agroclimática no Brasil. Pinto *et al.* (2008) apresentou estudos para algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, girassol, mandioca, milho e soja; e Nobre *et al.* (2005) para a soja, café, milho, arroz e feijão. Esses mesmos estudos foram realizados para algumas regiões brasileiras por Assad *et al.* (2005) para a soja, café e milho; por Pinto *et al.* (2001b) e Assad *et al.* (2004) para o café.

No estado do Tocantins foram realizados alguns estudos considerando os possíveis efeitos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático das culturas da cana-de-açúcar (COLLICCHIO, 2008; COLLICCHIO *et al.* 2009), soja e arroz (MACIEL, 2010), dendê (OLIVEIRA, 2012) e do eucalipto (BAKALARCZYK, 2014).

Considerando-se os prognósticos de aumento das temperaturas globais, pesquisadores admitem que as regiões climaticamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado de plantas agrícolas podem se tornar desfavoráveis ao desenvolvimento

vegetal (ASSAD *et al.*, 2004). Portanto, a previsão do comportamento do zoneamento da seringueira, face às mudanças climáticas globais, torna-se instrumento de suma importância para a agrossilvicultura nacional.

Dessa forma, é importante que já se façam zoneamentos agrícolas com previsões aos efeitos das mudanças climáticas, e que as culturas sejam distribuídas em função da disponibilidade climática de cada região. Com esse enfoque, o zoneamento de risco climático passa a integrar um dos principais requisitos para a agricultura planejada, que precisa saber o que plantar, onde plantar e quando plantar, admitindo no máximo um risco de 20% de perdas da safra (MACIEL, 2009).

O presente trabalho teve como objetivo de verificar do efeito que as mudanças climáticas globais podem exercer sobre o zoneamento agroclimático da heveicultura no estado do Tocantins.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo do presente trabalho, bem como a realização do zoneamento agroclimático para a seringueira, para a condição climática atual, foram as mesmas descritas no capítulo 1.

Com relação à simulação dos efeitos das mudanças climáticas sobre o zoneamento agroclimático da cultura da seringueira para o clima atual, utilizou-se os quatro cenários futuros de forçantes radiativas: RCP 8.5, RCP 6.0, RCP 4.5 e RCP 2.6, para o final do século (2081 a 2100), conforme IPCC (2013) e apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Cenários futuros para o período de 2081 a 2100 e seus valores de temperatura incrementados para cada cenário, baseado na base de dados do modelo (1986 – 2005)

CENÁRIOS	TEMPERATURA (°C)
Cenário otimista RCP 2.6	1,0
Cenário intermediário RCP 4.8	1,8
Cenário intermediário RCP 6.0	2,2
Cenário pessimista RCP 8.5	3,7

Fonte: adaptado do IPCC (2013)

O relatório do IPCC (2007) apontava divergência dos modelos utilizados para projetar as mudanças relativas na precipitação, associada à deficiência de dados observados na região norte do Brasil, dificultando assim a simulação desta variável.

Para efeito de simulação, neste estudo indicou-se uma redução de 10% no regime pluviométrico atual em todos os cenários de mudanças propostos, conforme pode-se verificar em média na simulação apresentada no IPCC (2013, p.20).

Alguns trabalhos científicos tem adotado em sua metodologia de simulação dos efeitos das mudanças do clima sobre o zonemaneto agroclimático de culturas no país, a fixação de valores percentuais de precipitação, que podem provocar reduções, aumentos ou mesmo inalterações da chuva, conforme pode ser verificado nos estudos de Pinto *et al.* (2001), Barbarisi *et al.* (2007), Collicchio *et al.* (2009) e Bakalarczyk (2014).

Os zoneamentos agroclimáticos para a seringueira nos distintos cenários utilizaram os mesmos métodos e procedimentos para a elaboração do zoneamento agroclimático sob condição climática atual, conforme descrito no capítulo 1.

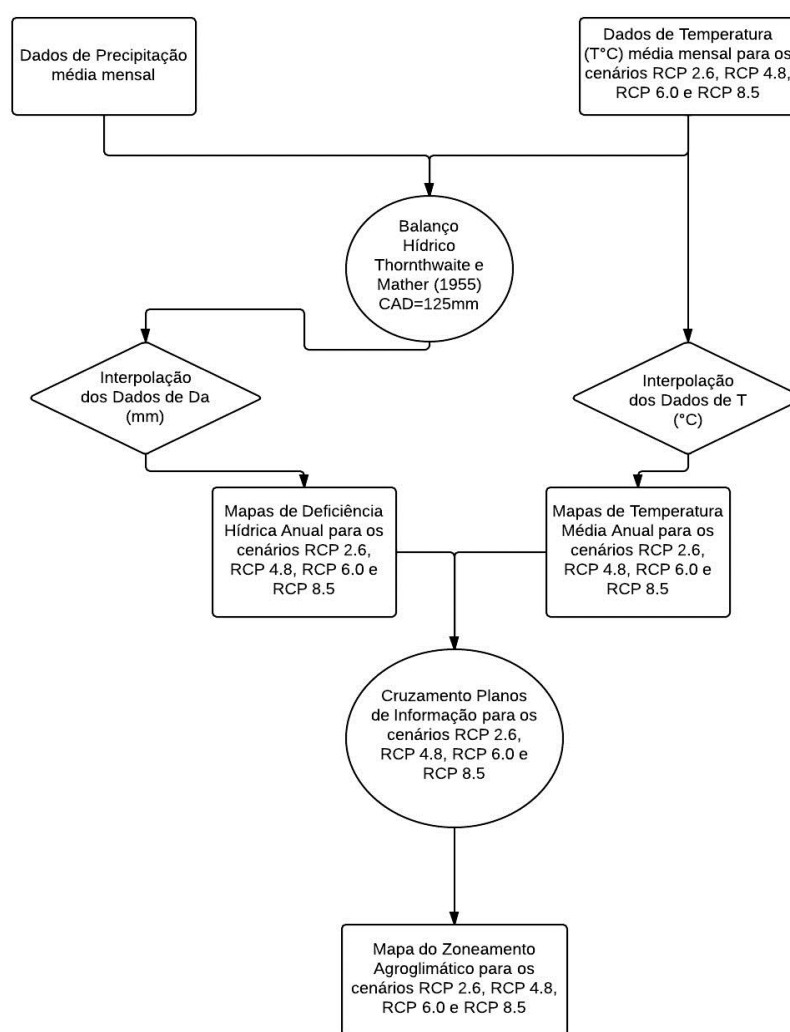


Figura 23 - Fluxograma da metodologia utilizada na realização do zoneamento agroclimático para a seringueira, considerando os cenários futuros de emissões

Devido à alteração de temperatura em cada cenário, bem como a redução média de 10 % da pluviometria, foram geradas novas planilhas e recalculados os balanços hídricos, para cada cenário futuro.

A partir destes resultados foram gerados novos mapas de temperatura, precipitação e de déficit hídrico, os quais produziram os zoneamentos agroclimáticos da cultura para cada um dos respectivos cenário de emissões, como ilustrado na Figura 23.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao clima atual, a temperatura média anual observada foi de 25,7°C, a precipitação anual de 1.662,46 mm e a deficiência hídrica anual média foi de 255 mm (Tabela 10).

Constatou-se que os maiores valores de temperatura média anual atingiriam 25,7; 26,5; 27,4; 27,9 e 29,2°C, nas condições de clima atual e cenários RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5, respectivamente.

Sendo assim, mesmo considerando o pior cenário que é o RCP 8.5 (acrécimo de 3,7 °C), a T_a atingiria 29,0° C, não ultrapassando o limite crítico para o crescimento da cultura. Diante dos resultados não haverá restrição térmica ao cultivo da seringueira no Estado do Tocantins, para nenhum dos cenários previstos pelo IPCC (2013).

Com referência a deficiência hídrica anual, pode ser observado na Tabela 10, que a D_a menor, que é o menor valor de D_a obtido em um local do estado do Tocantins, passou de 115 mm (clima atual), para 366 mm no cenário RCP 8.5, gerando um incremento de cerca de 218 %. De forma similar, a D_a maior também aumentou de forma expressiva (53,47%), passando de 677 (clima atual) para 1039 mm (RCP 8.5). A D_a média calculada para o cenário de clima atual foi de 396 mm, no entanto para o cenário pessimista, esse valor atingiu a média de 702 mm chegando a aumentar em 77,27%.

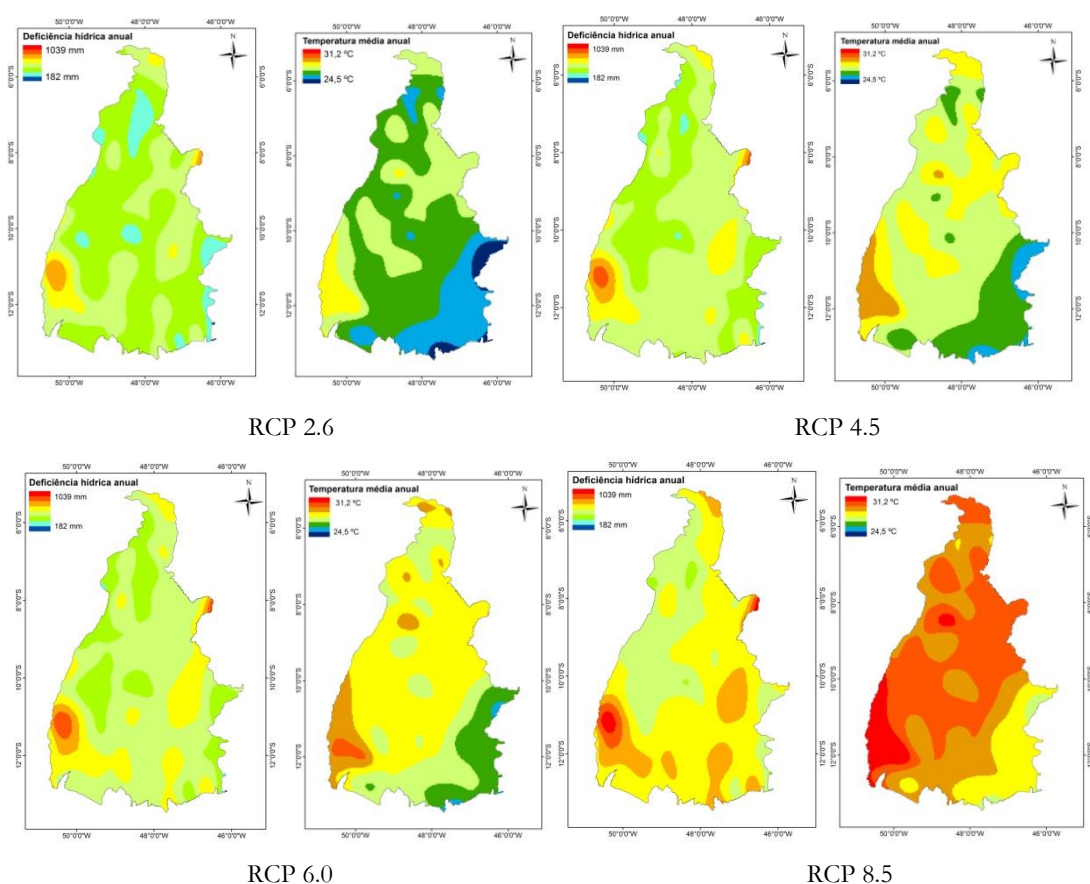


Figura 24 – Deficiência hídrica anual (mm) e Temperatura do ar média anual (°C) no estado do Tocantins considerando as projeções futuras para os cenários RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5, para o período de 2081 – 2100

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 10 - Valores para a Temperatura anual (Ta) e Deficiência hídrica anual (Da), mínima, máxima e média, considerando os cenários de mudanças climáticas apresentados pelo IPCC, para o período de 2081-2100, em relação ao clima na condição atual

Cenários	Temperatura Anual – Ta (°C)				Deficiência hídrica anual – Da (mm)			
	Ta menor	Ta maior	Ta média	Ta Amplitude	Da menor	Da maior	Da média	Da Amplitude
Atual	23,3	27,3	25,7	4,0	115	677		
RCP 2.6	24,5	28,5	26,5	4,0	182	825	503,5	643
RCP 4.5	25,4	29,3	27,4	4,0	209	894	551,5	685
RCP 6.0	25,8	29,7	27,9	4,0	243	927	585	684
RCP 8.5	27,3	31,2	29,2	4,0	366	1039	702,5	673

Fonte: elaborado pela autora

A Figura 25 apresenta o mapa do zoneamento agroclimático da seringueira para o estado do Tocantins no clima atual.

A Tabela 11 apresenta o percentual de área para o estado do Tocantins ocupado por cada classe de aptidão climática na situação atual e nos cenários de projeções futuras.

Pela Figura 26 e Tabela 11, observa-se que para a condição de clima atual, apenas 7,15% de área do Estado representa aptidão climática “apta” para o desenvolvimento da cultura.

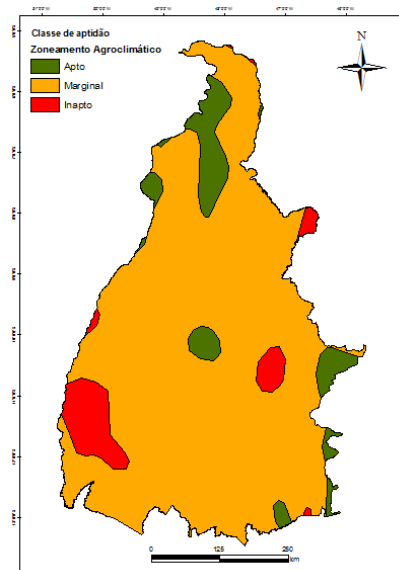


Figura 25 - Zoneamento agroclimático para a seringueira no estado do Tocantins, para as condições do clima atual

Fonte: elaborado pela autora

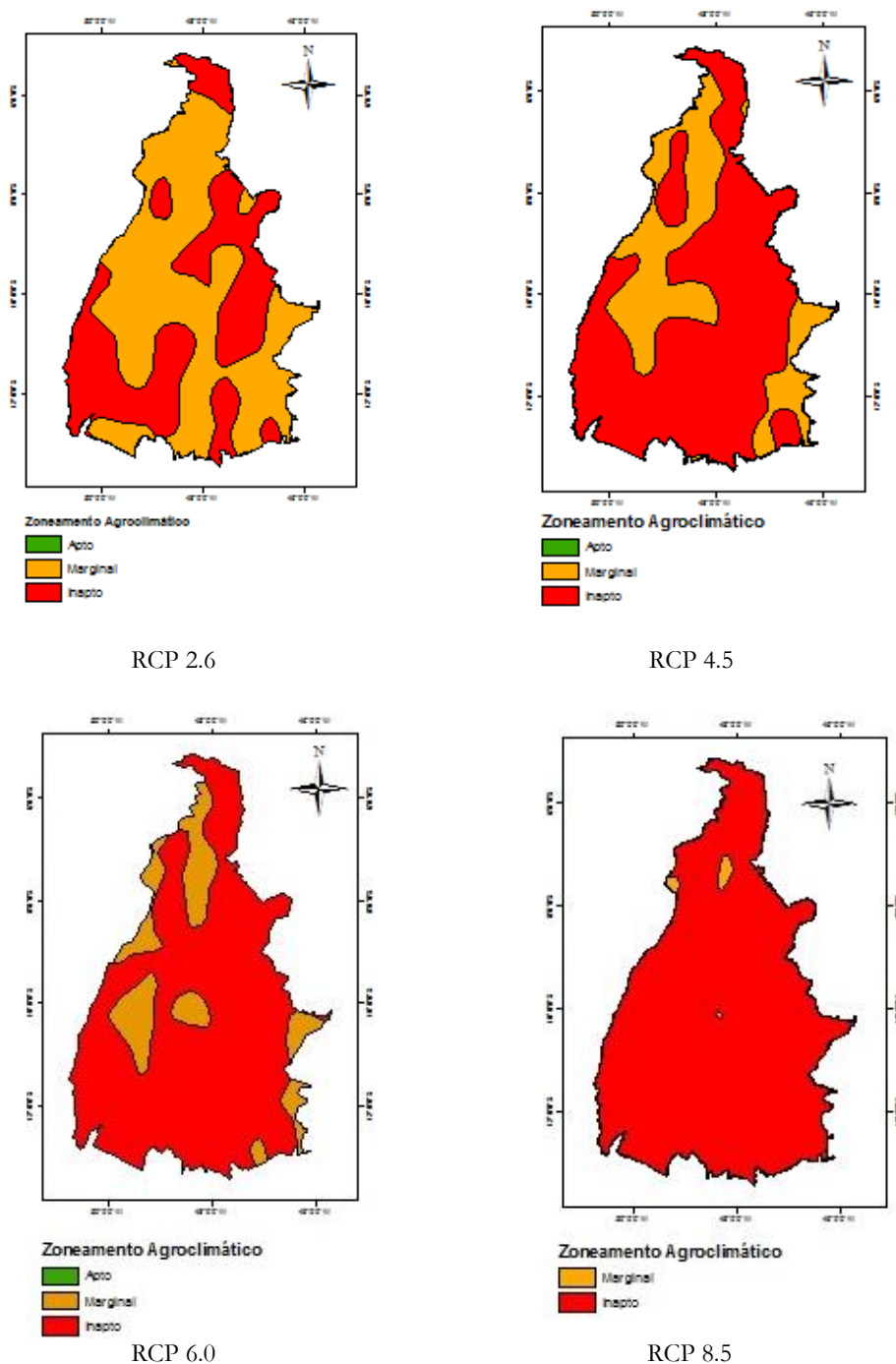


Figura 26 - Zoneamentos agroclimáticos para a seringueira no estado do Tocantins, considerando as projeções futuras para os cenários RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5 (2081 – 2100)
Fonte: elaborado pela autora

A maior parte do Estado, 83,96%, apresenta área “marginal”, em que o fator hídrico é o limitante do desenvolvimento da cultura. O Estado apresentou também, uma pequena área “inapta” por insuficiência hídrica à cultura, o equivalente a 8,89 %.

A Figura 26 mostra a evolução das áreas de aptidão climática para a cultura. Nota-se que já na condição do cenário otimista (RCP 2.6), não se observa áreas climaticamente “apta”.

Com relação às previsões dos cenários futuros, percebe-se claramente a tendência de grande aumento de áreas “inaptas” e redução das áreas “aptas” e “marginais”, ao cultivo da seringueira, à medida que o cenário tende a ser mais pessimista. Esse fato é devido ao incremento excessivo da temperatura e redução de chuvas, que refletem diretamente na deficiência hídrica do solo. Portanto, conforme se pode visualizar também na Tabela 11, o cenário RCP 8,5 (pessimista) apresenta maior área classificada como “inapta” (96,84%). Nota-se que as áreas consideradas “inaptas”, na condição de clima atual correspondiam a apenas 7,15%, passando para quase 97% no cenário RCP 8.5.

Tabela 11 – Porcentagem da área do estado do Tocantins ocupada por cada classe de aptidão climática na situação de clima atual e nos cenários de projeções futuras

CENÁRIOS	APTO (%)	MARGINAL (%)	INAPTO (%)
ATUAL	8,89	83,96	7,15
RCP 2.6	1,55	57,41	41,04
RCP 4.5	1,51	30,12	69,87
RCP 6.0	1,51	18,49	80,01
RCP 8.5	-	3,16	96,84

Fonte: elaborado pela autora

Destaca-se que, quando foi acrescentado apenas 1,0^o C na temperatura, associado à redução de 10% na precipitação anual, no cenário RCP 2,6 (cenário otimista), já houve um aumento de 473,98% das áreas “inaptas” do Estado, quando comparado com o zoneamento agroclimático do clima atual (Figuras 26 e 27), passando de 7,15% para 41,04%. Ao mesmo tempo houve uma redução das áreas consideradas “aptas” de 8,9% para apenas 1,5%.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho indica que não haverá restrição térmica para o cultivo da seringueira no estado do Tocantins, tanto sob as condições climáticas atuais, quanto para o conjunto de cenários climáticos futuros analisados. Contudo, devido às elevadas deficiências hídricas observadas, para que a cultura tenha um desenvolvimento adequado e obtenha boa produtividade, será necessário de forma geral, utilizar irrigação suplementar ou plena, na estação da seca.

No cenário climático atual, a maior parte do Tocantins apresenta condições climáticas “marginais” para o desenvolvimento da seringueira, podendo ser cultivada com auxílio de irrigações nos dois primeiros anos do plantio.

Entretanto as projeções futuras mostram tendência para um aumento significativo da deficiência hídrica, configurando numa drástica redução das áreas de aptidão “marginal” e consequentemente o aumento de áreas “inaptas” à heveicultura no Estado.

De acordo com as simulações dos balanços hídricos e considerando os cenários de mudanças climáticas, as regiões que utilizam irrigação plena aumentarão em relação à suplementar, podendo inviabilizar o cultivo da seringueira no Estado.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JR, J.; ÁVILA, A. M. H. de. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057 – 1064, 2004.

ASSAD, E. D.; *et al.* Impacto das mudanças climáticas no zoneamento de riscos climáticos para a cultura da soja no Brasil. In: XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Agrometeorologia, Agroclimatologia e Agronegócio. **Anais...** Campinas: SBAGRO, 2005.

BAKALARCZYK, I. D. **Efeito das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático para a cultura do *Eucalyptus grandis* no estado do Tocantins**. 2014. 54 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas, Palmas. 2014.

BARBARISI, B. F., MARIN, F. R., ASSAD, E. A., BARBARISI, B. F., PILAU, F. G., PACHECO, L. R. F. Efeito das mudanças climáticas sobre a aptidão climática para a cana-de-açúcar no Estado de Goiás. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. **Anais...** Aracaju: SBA, 2007.

CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. P. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas: EMBRAPA, 2003. 18 p.

CAMPANHARO, W. A.; CECÍLIO, R. C.; SPERANDIO, H. V. JESUS JÚNIOR, W. C. PEZZOPANE, J. E. M. Potencial impacto das mudanças climáticas sobre o zoneamento agroclimático para a seringueira no Espírito Santo. **Sci. For**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 105 – 116, 2011.

COLLICCHIO, E. **Zoneamento agroclimático e ambiental para a cultura da cana-de-açúcar e as implicações das mudanças climáticas no estado do Tocantins**. 2008. 156 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 2008.

COLLICHIO, E.; VICTORIA, D. C.; PEREIRA, A. R.; TOLEDO, A. M. A. Implicações das mudanças climáticas no zoneamento agroclimáticos para a cana-de-açúcar no Tocantins. **Revista Ciência Agroambiental**, Palmas, v.4, n.1, p.195-203, jan. a jun. 2009.

IPCC. **Climate change 2013**: working group I: contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change working. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2014.

MACIEL, G. F.; AZEVEDO P. V. de; ANDRADE JÚNIOR A. S. de. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no estado do Tocantins. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 141 -154, set/dez. 2009.

MACIEL, G. F. **Impactos Econômico-Financeiros das Mudanças Climáticas nas Culturas de Arroz e da Soja no Estado do Tocantins**. 2010. 119 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2010.

NOBRE, C. A.; ASSAD, E. D.; OYAMA, M. D. Mudança ambiental no Brasil: o impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura. **Scientific American Brasil**, Campinas, n. 12, p. 141 - 162, 2005.

OLIVEIRA, B. G. Zoneamento Agroclimático para a cultura do Dendê (*Elaeis Guineensis* Jacq.) e efeito das mudanças climáticas no estado do Tocantins. **Anais...** Palmas-TO, 2012.

PINTO, H.S.; ASSAD, E.D.; ZULLO JÚNIOR, J.; *et al.* Impacto do aumento da temperatura no zoneamento climático do café nos estados de São Paulo e Goiás. Avaliação dos cenários do IPCC. In: XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. **Anais...** Fortaleza-CE, 2001.

SILVA, L. G. **Comportamento de clones de seringueira ao mal das folhas e potencial impacto das mudanças climáticas globais na ocorrência da doença**. 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

SIQUEIRA, O. J. W de; *et. al.* **Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas**. Mudanças climáticas globais da agropecuária brasileira. São Paulo: EMBRAPA, 2001. 65 - 96 p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955.

CONCLUSÃO GERAL

Com os estudos realizados neste trabalho, pode-se chegar às conclusões expostas a seguir.

O estado do Tocantins apresenta 8,89% da sua área apta climatologicamente à implantação da cultura da seringueira para o clima atual, 83,96% da sua área em condições marginais de clima e apenas 7,15% em condições inaptas para a implantação da cultura. As condições marginais de clima podem ser resolvidas com a utilização de irrigação nos dois primeiros anos da cultura, o que já está sendo observado, pois 85% dos plantios existentes no Estado são irrigados.

Este trabalho também investigou a aptidão edáfica e ambiental para o cultivo da seringueira no estado do Tocantins e verificou que as áreas aptas e marginais quanto ao solo estão distribuídas ao longo do eixo das rodovias federais de norte ao sul do Estado. As áreas que possuem solo desfavorável (condições restritas) são cerca de 44% e podem passar por técnicas de manejo para melhorarem sua fertilidade e se tornarem aptas ao plantio, desde que sejam em solos profundos, que é a maior exigência da cultura.

Outro resultado observado no trabalho é que os polos produtivos implantados no Estado estão distribuídos nas regiões norte, sul e central do Estado. E o polo da região norte do Estado é o que possui as melhores condições quanto ao clima e ao solo, mas quanto à logística, o polo da região central está mais favorecido.

Quanto às projeções futuras, o trabalho mostrou uma tendência ao drástico aumento de áreas inaptas à heveicultura no Estado. Contudo, deve-se dar continuidade a pesquisas quanto ao tema de mudanças climáticas para testar novas modelagens e realizar estudos ecofisiológicos com a seringueira, para verificar a adaptação da cultura frente a esse novo cenário ambiental.

Esses resultados poderão contribuir no fornecimento de subsídios técnicos à formulação de políticas públicas agrícolas e ambientais, as quais servirão para orientar futuros investimentos da seringueira no Estado, para que possam ser implantados ordenadamente e de forma sustentável, a partir da delimitação de áreas aptas à implantação e desenvolvimento da cultura tanto considerando os cenários do clima atual e cenários futuros.

ANEXO

QUESTIONARIO DA VISITA À PROPRIEDADE HEVEÍCOLA

Propriedade: _____

Local: _____

Proprietário: _____

Tamanho: _____ () ha () Alq

1. Atividade Principal:

() Heveicultura

() Bovinocultura leite

() Bovinocultura corte

() Silvicultura _____

() Outro: _____

2. Possui algum sistema de integração? () Não () Sim

3. Se sim qual? _____

4. Área ocupada pela seringueira? _____ () ha () Alq.

5. Qual a idade do plantio? _____ Variedade: _____

6. De onde provém a muda? _____

7. Qual o espaçamento? _____X_____X_____ Plantas ha _____

8. Nº de trabalhadores envolvidos (empregados)? _____

9. Os Plantios foram financiados? () Não () Sim

() BB () BASA () Caixa () Outro _____

10. Qual o Valor? R\$ _____

11. Qual a linha de financiamento? _____

12. Principais problemas enfrentados ?

() Mão de obra () Mudas

() Assistência Técnica () outro

13. Porque _____ investiu _____ na _____ seringueira?

14. Fotos